

DOSIS OPTIMA DE NITROGENO Y POTASIO PARA EL CULTIVO DE  
BANANO (Musa AAA), EN LA REGION DE TUCURINCA, (ZONA  
BANANERA DEL MAGDALENA).

AUTORES:

YAIRTON DOSANTOS MUÑOZ CADANA  
ADALBERTO ANTONIO PEÑARANDA REALES



MEMORIA DE GRADO PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OPTAR AL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO

MANUEL GRANADOS NUÑEZ I.A. M.Sc.  
DIRECTOR DE LA MEMORIA DE GRADO

SANIA MARIA  
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA

1994

~~Tes.~~  
~~838 IA.~~  
~~M967d~~

IA 00373

118642

EL PRESIDENTE Y LOS JURADOS EXAMINADORES DE LA MEMORIA DE  
GRADO, NO SERAN RESPONSABLES DE LOS JUICIOS Y CONCEPTOS  
EMITIDOS EN EL PRESENTE TRABAJO.

NOTA DE ACEPTACION

---

---

---

---

---

Director de memoria de grado

---

Jurado examinador

---

Jurado examinador

Fecha: 

---

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a las siguientes personas y entidades:

MANUEL GRANADOS NUÑEZ, I.A. M.Sc.. Presidente de la memoria de grado, por su grandiosa orientación en el desarrollo de este estudio.

ANTONIO RODRIGUEZ ACOSTA, I.A.. Profesor de la Universidad del Magdalena y jurado de la memoria de grado.

ALFREDO LACOUTURE DAVILA, por su valiosa ayuda al facilitarnos el lote donde se realizó el ensayo.

ARMANDO LACERA RUA, B.Q.. Director del laboratorio de química de la Universidad del Magdalena.

LUIS SANCHEZ, B.Q., Director del Dpto de Química, por



su ayuda en la realización de los análisis químicos.

MANUEL TABORDA, B.Q., por su colaboración en el laboratorio de química.

RUBEN ROCHA, ayudante del laboratorio de suelos, por su colaboración en la realización de los análisis de suelo.

GUILLERMO OTERO, I.A.. Asistente técnico de la finca La Zoraida, donde se efectuó el ensayo.

A nuestros compañeros: CLARA, KARLA, ARISTIDES, EVER, MARTIN, DILVER, AICARDO, SALAS, PACHO, CARLOS, GENARO Y LILIANAS.

A todas las personas que de una u otra forma contribuyeron en la realización del presente trabajo.

A la FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.

A la UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.

DEDICO:

A mis padres AURORA y PLACIDO, que son la fuente de mi vida, por guiarme hacia el camino correcto y que con su esfuerzo y esperanza hicieron de mí un buen profesional.

A mis hermanos: MARY, PLACIDO, JORGE, OSWALDO, HILDA, GERMAN, ALBA, SAUL, ELSA y JOSE.

A mis sobrinos, primos y tios, en especial a GREY, PAOLA, JHAEL, PAULY, PATRY y MILE; a mi tío ANTONIO (q.e.p.d.), quien fue un luchador incansable y deseoso de ver culminados mis estudios.

A mi novia RUTH.

A ENCHO (q.e.p.d.)

A todos mis amigos y amigas.

ADALBERTO

**DEDICO:**

**A mis padres JOAQUIN y AGUEDA.**

**A mis hermanos: FELIX, ARGEMIRO, ALFRED, ROBERT y WALDIR.**

**A mis tios: FELIX MUÑOZ y BLANCA SUAREZ.**

**A las familias CAMARGO CABAS y CAMARGO AVILA, y mis  
amigas DAISY, KARLA y CLARA.**

**A la señora FRANCIA GUARDIOLA.**

**A mi novia NEIFIS.**

**YAIRTON.**

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
3. MATERIALES Y METODOS	20
3.1. LOCALIZACION DEL ENSAYO	20
3.2. CONDICIONES ADAFOLOGICAS	20
3.2.1. Tipos de suelos	20
3.3. CARACTERISTICAS ECOLOGICAS	21
3.4. LABORES CULTURALES REALIZADAS EN EL CULTIVO	23
3.4.1. Control de malezas	23
3.4.2. Desmache	23
3.4.3. Apuntalamiento	23
3.4.4. Deshije	24
3.4.5. Embolse	24
3.4.6. Control de edad de la fruta	24
3.4.7. Desflore y desmane	24

	pág.
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL	24
3.6. APLICACION DE FERTILIZANTES	25
3.7. TOMA DE MUESTRAS DE SUELO Y FOLIAR	27
3.8. PARAMETROS EVALUADOS	31
4. RESULTADOS Y DISCUSION	36
4.1. ENSAYO DE CAMPO	36
4.1.1. Rendimiento	36
4.1.2. Número de manos por racimo	50
4.1.3. Peso del bástago	56
4.1.4. Calibración	58
4.1.5. Número de hojas	61
4.1.6. Grosor de pseudotallo	64
4.2. RESULTADOS DE LABORATORIO	73
4.2.1. Análisis de suelo	73
4.2.2. Análisis foliar	82
4.3. RESPUESTA GENERAL A LA FERTILIZACION	101
4.4. ANALISIS ECONOMICO	103
5. CONCLUSIONES	104
BIBLIOGRAFIA	107
ANEXOS	111

## LISTA DE TABLAS

	pág.
TABLA 1. Dosis y código de los nutrientes ensayados.	26
TABLA 2. Combinaciones de N y K para los diferentes tratamientos.	28
TABLA 3. Dosis de nitrógeno en forma de sulfato de amonio y potasio en forma de sulfato de potasio.	29
TABLA 4. Diseño de superficie de respuesta cuadrática con dos variables.	33
TABLA 5. Transpuesta de la matriz codificada.	34
TABLA 6. Inversa de la matriz $X X'$ .	35
TABLA 7. Peso de racimo en kg/Ha del ensayo de fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de banano.	38
TABLA 8. Incremento de la producción por tratamiento respecto al testigo absoluto T1, con dosis $N=0$ , $K_{20}=0$ y $P_{205}=0$ .	40
TABLA 9. Incremento de la producción por tratamiento respecto al testigo comercial T7, con dosis $N=414$ , $K_{20}=720$ y $P_{205}=45$ .	41
TABLA 10. Coeficientes de regresión múltiple ajustados para la estimación del	



	pág.
rendimiento parcelario, en el ensayo efectuado en Tucurinca.	48
TABLA 11. Número de manos promedio por racimo del ensayo de fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de banano.	53
TABLA 12. Peso del bástago en kg, del ensayo de fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de banano.	57
TABLA 13. Calibre (grados) de los dedos en el ensayo de fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de banano.	62
TABLA 14. Número de hojas del ensayo de fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de banano.	63
TABLA 15. Grosor del pseudotallo en cm, del ensayo de fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de banano.	67
TABLA 16. Análisis de suelo al inicio del ensayo de fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de banano.	74
TABLA 17. Análisis de suelo al final del ensayo de fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de banano.	76
TABLA 18. Relaciones K, Ca, y Mg, en el suelo del ensayo de fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de banano.	81
TABLA 19. Análisis foliar del ensayo de fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de banano.	83



## LISTA DE FIGURAS

	pág.
FIGURA 1. Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables nitrógeno total en el suelo Vs. peso de racimo.	43
FIGURA 2. Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables potasio del suelo Vs. peso de racimo.	44
FIGURA 3. Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de nitrógeno Vs. peso de racimo.	45
FIGURA 4. Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de potasio Vs. peso de racimo.	46
FIGURA 5. Representación gráfica de la superficie de respuesta calculada en el ensayo de fertilización realizado en Tucurínca (Magdalena).	49
FIGURA 6. Regresión del efecto del nitrógeno en el rendimiento para el cultivo de banano.	51
FIGURA 7. Regresión del efecto del potasio en el rendimiento para el cultivo de banano.	52

FIGURA 8.	Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de nitrógeno Vs. número de manos.	55
FIGURA 9.	Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de nitrógeno Vs. peso de bástago.	59
FIGURA 10.	Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de potasio Vs. peso de bástago.	60
FIGURA 11.	Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de potasio Vs. número de hojas.	65
FIGURA 12.	Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de nitrógeno y número de hojas.	66
FIGURA 13.	Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de nitrógeno Vs. grosor del pseudotallo.	69
FIGURA 14.	Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables nitrógeno foliar Vs. grosor del pseudotallo.	70
FIGURA 15.	Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables potasio foliar Vs. grosor del pseudotallo.	71
FIGURA 16.	Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de potasio Vs. grosor del pseudotallo.	72
FIGURA 17.	Representación gráfica de las	

	pág.
regresiones lineal y cuadrática para las variables nitrógeno del suelo Vs. nitrógeno foliar.	79
FIGURA 18. Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables potasio del suelo Vs. potasio foliar.	80
FIGURA 19. Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de potasio Vs. potasio foliar.	86
FIGURA 20. Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables potasio foliar Vs. peso de racimo.	87
FIGURA 21. Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables potasio foliar Vs. número de hojas.	89
FIGURA 22. Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables potasio foliar Vs. peso de bástago.	90
FIGURA 23. Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables potasio foliar Vs. número de manos.	91
FIGURA 24. Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables nitrógeno foliar Vs. peso de racimo.	94
FIGURA 25. Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de nitrógeno Vs. nitrógeno foliar.	95
FIGURA 26. Representación gráfica de las	

	pág.
regresiones lineal y cuadrática para las variables nitrógeno foliar Vs. numero de manos.	96
FIGURA 27. Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables nitrógeno foliar Vs. peso de bástago.	98
FIGURA 28. Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables nitrógeno foliar Vs. número de hojas.	99
FIGURA 29. Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de potasio Vs. magnesio foliar.	100

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO 1. Regresión lineal múltiple de la producción en kg/racimo Vs. número de manos (X1), número de hojas (X2), grosor de pseudotallo (X3), calibre de los de dos (X4); y su respectivo análisis de varianza.	111
ANEXO 2. Análisis de varianza preliminar para el peso de racimo en kg.	112
ANEXO 3. Análisis de varianza para número de manos por racimo.	113
ANEXO 4. Análisis de varianza preliminar para peso de bástago en kg.	114
ANEXO 5. Análisis de varianza preliminar para calibre de los dedos.	115
ANEXO 6. Análisis de varianza preliminar para el número de hojas por planta.	116
ANEXO 7. Análisis de varianza preliminar para el grosor del pseudotallo.	117
ANEXO 8. Peso de racimo en ton/Ha del ensayo de fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de banano.	118
ANEXO 9. Análisis de varianza preliminar para la producción en ton/Ha.	119



	pág.
ANEXO 10. Procedimiento para realizar el análisis de varianza preliminar para la producción en ton/Ha.	120
ANEXO 11. Análisis de varianza final del ensayo de fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de banano.	121
ANEXO 12. Procedimiento para realizar el análisis de varianza final.	122
ANEXO 13. Determinación del coeficiente de correlación múltiple.	123
ANEXO 14. Análisis de varianza completo del ensayo de fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de banano.	124
ANEXO 15. Comparación del rendimiento en ton/Ha para cada tratamiento, (parte A).	125
ANEXO 15. Comparación del rendimiento en ton/Ha para cada tratamiento, (parte B).	126
ANEXO 16. Matriz de correlaciones.	127
ANEXO 17. Determinación del óptimo físico, óptimo económico e ingreso neto del ensayo de fertilización realizado en Tucurínca (Magdalena).	128

## RESUMEN

Debido a la falta de investigación generada para el cultivo de banano en la Zona Bananera del Magdalena, casi toda la información y tecnología utilizada en este cultivo es proveniente de otros países de condiciones ambientales diferentes.

Es por esta razón que se decidió montar un ensayo de fertilización con nitrógeno y potasio; para medir la producción como respuesta a la aplicación de estos elementos, realizando a su vez análisis foliar y edáfico, para determinar los niveles críticos de nitrógeno y potasio en el cultivo de banano; también, conocer el óptimo económico en la aplicación de fertilizante, utilizando para esto el diseño de superficie de respuesta cuadrática de composición central con dos variables y cinco dosis cada una, con trece tratamientos y cuatro réplicas, para un total de 52 parcelas de 37,5 m<sup>2</sup> cada una, utilizando 12 plantas por parcela para cosechar los dos surcos centrales. Las dosis de fertilizante fueron



0, 207, 414, 621, 828 kg de nitrógeno y 0, 360, 720, 1080 1440 kg de K<sub>2</sub>O/Ha/año.

El ensayo se realizó en la finca Agropecuarias La Zoraida, ubicada en el corregimiento de Tucurínca, municipio de Ciénaga, departamento del Magdalena. Su posición geográfica es 10°39' de latitud norte y 74°10' al oeste de Greenwich; con una temperatura promedio mensual de 27,9°C, una luminosidad de 2.825 horas sol/año, humedad relativa del 84% y precipitación de 2.000 mm/año.

El tratamiento 13 con dosis de 828 kg de N y 1440 kg de K<sub>2</sub>O/Ha/año, fue el que mejor comportamiento presentó para todos los parámetros evaluados, a excepción del calibre de los dedos; estos valores son 29,0 kg para peso de racimo, 9 manos/racimo, tres kg para peso del ráquis o bástago, 15,25 hojas/planta y 49,25 cm de grosor en el pseudotallo.

El tratamiento 10 con dosis de 621 kg de N/Ha/año y 1440 kg de K<sub>2</sub>O/Ha/año, mantuvo promedios cercanos al tratamiento 13 con 28,5 kg de racimo, 8,75 manos/racimo, 2,78 kg/raquis, 14 hojas/planta, fue superior al tratamiento 13 en el calibre de los dedos con 44,5

grados, medido en el dedo central de la segunda mano.

Para el testigo comercial con dosis de 414 kg de N y 720 kg de K<sub>2</sub>O/Ha/año, se presentaron promedios similares a los de la zona en todos los parámetros, mientras que el testigo absoluto no produjo ningún racimo apto para exportación.

El análisis de suelo al inicio del ensayo presentó 0,09 meq/100 g de suelo para potasio y 0,09% para nitrógeno total y pasó a 0,33 meq/100 g de suelo para potasio en el tratamiento 13 y 0,178% de nitrógeno total para el mismo tratamiento.

En el análisis foliar el mayor contenido de potasio se presentó en el tratamiento 13 con 2,7% y 2,71% de nitrógeno. Para el tratamiento 10 el potasio fue bajo con 2,4%, pero el nitrógeno fue alto con 2,72%.

Los tratamientos con dosis muy bajas de ambos elementos o sin ninguna aplicación presentaron marcadas deficiencias con sus síntomas característicos como clorosis, arropollamiento, etc..

De acuerdo a la producción, análisis de suelo y de planta

se pudo establecer como nivel crítico para la región de Tucurínca, Magdalena en el cultivo de banano; para potasio foliar en 2,7% y 2,71% a 2,72% de nitrógeno foliar, para potasio del suelo se estableció en 0,33 meq/100 g de suelo, mientras que para nitrógeno total en el suelo se determinó en 0,178%.

Como óptimo económico se estimó la dosis de 1.231,24 kg de K<sub>2</sub>O/Ha/año y 683,19 kg de nitrógeno/Ha/año, para una producción de 50.195,16 kg/Ha/cosecha y con una rentabilidad de 3'329.814 \$/Ha.

## INTRODUCCION

Las plantas de banano tienen una alta capacidad de extracción de elementos nutritivos. La absorción depende de las condiciones ambientales de la planta especialmente temperatura y luz, como también de las características físico-químicas y biológicas del suelo.

Actualmente los datos que se conocen sobre la extracción de elementos nutritivos de acuerdo con la producción en el cultivo de banano, son provenientes de otros países de condiciones ambientales agrológicas diferentes del nuestro. Por lo tanto, es de suma importancia establecer bajo las condiciones de la Zona Bananera del Magdalena, las cantidades extraídas por el cultivo del banano y la respuesta a la aplicación de fertilizantes, con el fin de determinar mediante el análisis químico y estadístico la necesidad de una fertilización apropiada.

Una vez se conozca la relación entre los elementos nutritivos del suelo, la cantidad de fertilizante

ofrecido, el contenido de elementos nutritivos en las hojas de la planta y la producción, podremos establecer los niveles críticos de algunos nutrimentos (N-K), en el cultivo del banano.

El presente trabajo tuvo como objetivos medir la producción de banano como respuesta a la aplicación de fertilizantes (N-K).

Medir el contenido de elementos nutritivos en los suelos y las plantas sujetos a la aplicación de fertilizantes.

Determinar los niveles críticos en las plantas de banano del nitrógeno y potasio.

Determinar la optimización económica de la respuesta del cultivo del banano a la aplicación del fertilizante (N-K).



## 2. REVISION DE LITERATURA

Por la gran extracción de nutrientes que hace el cultivo del banano, es necesario incluir la fertilización como medio no sólo de retribución y suplementación de nutrientes al suelo, sino para mantener unos niveles de producción altos que hagan rentable la explotación bananera (34).

Osborne (28), anota que la masa vegetativa aérea que la planta de banano produce durante el periodo vegetativo, se devuelven tan solo aproximadamente  $2/3$  partes al suelo, en forma de pseudotallo y hoja para ser mineralizadas, y  $1/3$  se pierde con la cosecha exportada.

En la nutrición de la planta de banano se debe tener en cuenta el efecto residual de los elementos aplicados con anterioridad, el P, K, Ca, Mg, S y los elementos menores, se concentran en el suelo cuando se aplica cantidades elevadas y constantes, altas concentraciones de algún nutriente, pueden restringir la absorción

normal de otro u otros elementos y en algunos casos pueden llegar a provocar hasta la toxicidad, con pérdidas importantes en el desarrollo de la planta y el cultivo. (34)

En todos los estudios hechos acerca de la extracción y asimilación de nutrientes del banano, es notable la cuantía extremadamente del potasio extraído. Al banano se le reconoce como una planta ávida de potasio, lo cual ha de tomarse en consideraciones al seleccionar los suelos de cultivo y programa de fertilización.

A ellos hay que agregar que en la mayoría de los casos, grandes cantidades de potasio son absorbidas en un tiempo relativamente corto. (24)

Se considera como niveles críticos de los elementos nutricionales para la planta de banano, aquellos que encontrados en las hojas constituyen la mínima concentración antes de presentarse la carencia fisiológica. (34)

Ulrich (36) define el nivel crítico como aquella concentración de nutrientes, bajo el cual la producción máxima empieza a disminuir.



Martin-Prevel (25) determinó en dos variedades de banano (enano y poyo), la cantidad de elementos nutritivos contenido en los racimos, siendo el peso de los racimos muy variable comprendido entre 11 y 39 kg. Más adelante consideró que cuando el suelo no es fértil, se debe aportar al cultivo como mínimo dos kg de nitrógeno, 0,5 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 6 kg de potasio por cada tonelada de banano exportado siempre que la planta viviera en "equilibrio en subsuelo", sin sufrir otras pérdidas de nutrimentos (erosión, lixiviación, etc), más que las debidas a las exportaciones.

Martin-Prevel y Charpentier (26) trabajando con el banano, encontraron que un tratamiento completo de elementos nutritivo + elementos menores, la inflorescencia se inició 244 días después de la plantación, la cosecha once meses después, la longitud promedio de racimo de 70cm, peso promedio de 23 kg y el número de manos promedio de nueve.

El potasio proporciona un desarrollo biomásico más equilibrado, lo cual señala una participación activa y balanceada en todas las funciones fisiológicas de la planta, ya que en las plantas más altas y con pseudotallo más gruesos, producen racimos de mayor peso, más número

de manos por racimo, mejor grado de corte, dedos con mayor volumen, más pulpa y cáscara más pesada. (11)

Osborne y Hewitt (29), estudiaron en detalle el efecto del fertilizante potásico en el peso de la fruta, los resultados indican con una población muestral de 460 plantas (parcelas), una correlación altamente significativa entre el contenido de K en las hojas y el peso de la fruta de 0,388 en cuatro cosechas y con una ecuación de regresión simple.

$$Y = 10.2 + 6.63x$$

Dosis crecientes de potasio aplicado provocan una mayor absorción del nutrimento por la planta, lo que favorece un incremento en los niveles foliares respecto a la dosificación, aumentando así la calidad de la fruta para la exportación (10)

La asimilación del potasio está íntimamente ligada al aprovisionamiento de nitrógeno, pues un exceso de éste, puede provocar una deficiencia potásica o viceversa.

Esta situación puede ser corregida mediante el abonamiento aplicada la cantidad necesaria del elemento

que está en menor proporción. Tal es el caso de una enfermedad denominada "PULPA AMARILLA" que se presenta cuando hay un exceso de potasio, pudiendo ser combatida con aplicaciones necesarias del nitrógeno (14).

El potasio aplicado al suelo tiene notables efectos sobre el desarrollo de la planta de banano, afectando positivamente el área foliar y el grueso del pseudotallo (11).

Lahav (18) y Garita (10) señalan que las plantas mejor nutridas con potasio, presentan mayor grosor del pseudotallo que aquellas con problemas nutricionales.

Los efectos del potasio aplicado al suelo sobre la conformación del racimo, fueron significativamente positivos y observó gran diferencia con aquellos racimos de plantas y parcelas que no se le aplicó potasio. El peso del racimo fue la variable más afectada y ésta logró su peso máximo de 34,46kg con la dosis de 782kg de K<sub>2</sub>O/ha, el mayor número de manos racimo (10,8 manos), se alcanzó con la dosis de 814 kg de K<sub>2</sub>O/ha. Los racimos presentaron mejor distribución y llenado uniforme de los dedos. (11)

Es generalmente aceptado, que se puede esperar una respuesta a la fertilización potásica, si el K intercambiable del suelo es menor que 0,4 meq/100agr. (20)

Twyford y Walmsley sugieren que debe aplicarse una alta cantidad de K en plantaciones de iniciación (alrededor de 200 kg K/ha) se espera obtener altos rendimientos cita hecha por Lahav (20).

La carencia de K dice Lahav (20) afecta la filotaxia y las hojas se desarrollan unas sobre otras con peciolo cortos, que provocan una aparente obstrucción foliar (arrepollamiento). El mismo autor reporta pobre crecimiento de hijo con deficiencia de K, como consecuencia de problemas en el desarrollo foliar.

La deficiencia de K trae dificultades en nutrición, entre ellas limita el crecimiento y por lo tanto la absorción de N. Los altos rendimientos en la cosecha se asocian principalmente con altas absorciones de K con respecto a las de los otros nutrimentos, sin embargo la ausencia o desequilibrio de éstos impiden el buen efecto del potasio. Así cuando los rendimientos de cosecha son bajos, hay desbalance en la relación K/Ca/Mg. (34).



Al establecer un cultivo que rinde 50Ton/ha/año, de fruta fresca se pueden extraer del suelo alrededor de 1.500 kg de K, 150 kg de N y 60 kg de P/ha/año (20).

Lahav (16) en estudios sobre penetración del K en el suelo en Israel encontró que para que el potasio penetre en el suelo a 20cm de profundidad se requiere una aplicación de 1.200kg de K<sub>2</sub>O por ha/año.

Alguno de los efectos de la deficiencia de K reportada por Lahav y Turner (20) son; estrangulamiento, tamaño de hoja, retraso en la iniciación de la floración, reducción en el número de frutas, número de racimo y menos, tamaño de racimo y especialmente de la fruta.

Turner y Barkus citados por Lahav y Turner (20) sostienen que el órgano más afectado por la deficiencia de K es el racimo y encontraron que mientras el suplemento bajo de potasio redujo la producción total de materia seca a la mitad, el racimo se redujo en 80% y las raíces no fueron afectadas.

Garita (10), encontró respuesta lineal a la aplicación de potasio al suelo para las variables grueso y altura de pseudotallo, número de hojas verdes a la cosecha y número

de menos por racimo.

S.F Duplessis (7), en un estudio de investigación encontró que el K influye grandemente en el grosor del pseudotallo, pero un crecimiento óptimo solamente ocurre en presencia de adecuadas dosis de N y P.

López y Arias (22), obtuvieron con una dosis 750 kg de K<sub>2</sub>O/ha el máximo número de menos con un promedio de 8.7 menos/racimos reafirmando lo obtenido por Garita (10) donde utilizando dosis de 750 kg de potasio/ha obtuvo 9.07 menos/racimo.

López (23), el mayor peso promedio de racimo (28.30kg) lo obtuvo con dosis N=300, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=300, K<sub>2</sub>O =600 Kg/ha/año y los contenidos foliares de su mejor tratamiento fueron NT= 2,85%, P total= 0,19%, K= 3,45%, Ca= 0,50%, Mg= 0,28%.

Herrera (12), con dosis (N=300, P=300 y K=600 kg/ha/año) logró un peso promedio de 29,81 kg, 7.6 menos/racimo y peso de pinzote (bástago) 2.28 kg.

Rodríguez citado por Soto (34), en ensayo llevados a cabo en Changuinola, Panamá con el clon "Gran Enano" con niveles 0; 450 y 900 kg de K<sub>2</sub>O/ha/año con sulfato de

potasio, encontró que aplicaciones mayores de 450kg tuvieron un efecto pronunciado sobre el crecimiento de la planta, con aumento de circunferencia del tallo, número de manos por racimo, largo de los dedos, número de racimos cosechados, peso promedio de los racimos.

Las aplicaciones de K<sub>2</sub>O al suelo afectaron significativamente los contenidos foliares de K, Ca y Mg (11).

Hernández y otros (11), reportan incrementos del K foliar favorables con las temperaturas ambientales altas sobre la concentraciones foliares de K lo cual también coincide con los autores citados por ellos, Kilmer, Coic y Lesaint quienes mencionan aumentos del K foliar cuando disminuye la humedad del suelo.

La variación de los contenidos foliares de K y Mg debido a la aplicación de K<sub>2</sub>O al suelo, está significativamente influenciada por los factores climáticos y estos tienen mayor efecto sobre aquellas plantas que no recibieron potasio. Lo anterior es expresado por Hernández (11), además sostienen que el efecto del K aplicado fue mayor en el Mg foliar que sobre los otros elementos, lo cual estableció un antagonismo entre el



K/Mg significativamente más fuerte que entre K/Ca.

La relación entre la variación estacional de los elementos, causados por efectos climáticos y las aplicaciones de potasio al suelo, evidencia la importancia de estimar los efectos del clima en la interpretación del análisis foliar. Estas variaciones manifiestan cambios en la nutrición mineral de la planta y las consecuencias que ello conlleva en la producción de banano (11).

Turner y Barkus (35), encontraron mayor efecto estacional sobre los contenidos foliares que los causados por los tratamientos fertilizantes.

La interacción K/Mg tiene una correlación negativa altamente significativa según Lahav (17), y los mayores coeficientes de correlación se encuentran en la fase de diferenciación floral en la hoja 3.

En esta etapa la interacción es muy pronunciada, puede afirmarse que tanto para la diferenciación como emisión floral, a medida que aumenta el Mg, el K disminuye y viceversa. La interacción K/Mg se manifiesta más claramente que la de K/Ca y no depende de la edad de la

planta. Contrario a lo que sostienen Hewitt (13) y Murray (27), al decir que la relación K/Ca es más fuerte que la de K/Mg.

La relación K/M en la planta de banano es de gran importancia ya que afecta la cantidad de fruta, Martín Prevel (25).

El nitrógeno es un elemento muy relacionado con el crecimiento de la planta y producción de material. En los primeros dos meses de vida de la plantación, el consumo de éste elemento es bajo, luego la absorción se acelera debido a las necesidades de la planta cambia su ritmo de producción de hoja y en vez de una hoja cada cuatro a cinco días en el periodo de gran crecimiento, pasa a una hoja por semana, la absorción de nitrógeno acorde con la situación anterior, se retrasa igualmente, no obstante el consumo prosigue hasta la sexta semana después de la floración y a veces más allá.

Es decir que las necesidades son continuas durante la mayor parte del ciclo con un máximo durante el periodo de crecimiento vegetativo (34).

El nitrógeno es sin lugar a dudas el factor limitante de muchos suelos produciendo con frecuencia con el solo

→ suministro sólo, resultados visiblemente rápidos aun cuando sus dosis sean comparativamente bajas. Tan pronto como se aplican dosis mayores de nitrógeno los efectos del mismo disminuyen rápidamente.

Se pueden enumerar algunos efectos visibles del nitrógeno en el banano:

1. Favorece el desarrollo vegetativo en general.
2. Influyen sobre el crecimiento logitudinal de los peciolo.
3. Aumenta el largo del racimo y la cantidad de manos.
4. Favorece el brotamiento y el crecimiento de hijos y aumenta la capacidad de producir flores y frutos.

El exceso de nitrógeno, causa los siguientes efectos entre otros:

1. Poca estabilidad del pseudotallo, lo que facilita su desgajamiento o doblamiento, no siendo capaz de sostener el peso del racimo.

2. Retarda el brotamiento de la inflorescencia.
3. Produce un alargamiento excesivo del raquis, distanciando demasiado las manos entre sí.
4. Reduce la aptitud del racimo a ser transportado (14).

El nitrógeno (N) es considerado el elemento más importante para el crecimiento de la planta de banano, pero casi en forma universal el suplemento es bajo aún en los suelos fértiles en América Central.

Es el segundo elemento detrás solamente del potasio, en términos de la cantidad necesaria para el crecimiento del cultivo. Los síntomas de deficiencia aparecen rápidamente y poco tiempo todas las hojas son afectadas.

Las hojas tienen color verde pálido, con la nervadura central, pecilos y hojas sucesivas se reduce dando a la planta una apariencia de "Roseta" (20).

Hernández et al (11), encontraron altos contenidos de N foliar cuando hubo mayor precipitación, así mismo se observa elevaciones del N entre los meses de temperaturas altas. La variación del N osciló entre 2,13 y 3,35% con

un promedio de 2,7%, nivel considerado adecuado.

Canchano (3), en trabajos realizados en la región de Guacamayal Zona Bananera del Magdalena encontró en plantas de banano sin aplicación de N, un porcentaje de nitrógeno foliar de 2,06 - 2,12% y en plantas con aplicación de N el porcentaje estuvo entre 2,87 y 2,64% del mismo elemento.

Ramirez et al (30), consideran que valores por encima de 2,60% de N foliar son adecuados para obtener una buena producción. En el cultivo de banano, los mismos autores reportaron valores desde 2,47 - 3,17% de nitrógeno, al realizar el segundo muestreo de un ensayo.

La United.F.Co (37), en 1997 encontró que las dosis de 325-400 lb/acre/año de nitrógeno dan una residualidad entre 2 - 3 meses con niveles en la hoja de 2,7% de N, mientras que dosis inferiores dieron 10 días menos con estos niveles. Cuando las cantidades de urea se aumentaron, los niveles de N encontrados en la hoja también aumentaron significativamente, pero ello no corresponde en todos los casos a un aumento significativo en el peso del racimo.



Con un nivel en la hoja de 2,4% luego de aplicar 400, 350, 250 y 175 lb/acre/año a los 25 días se obtuvo los siguientes niveles: 2.65%, 2.60%, 2.55% respectivamente, esto quiere decir que para pasar de 2.4% a 2.65% considerado como un nivel bueno se necesita 400 kg de úrea o sea 235 g por unidad de producción.

Bayona (1), citando a la United F. Co. en 1977 en la finca Laureles en Honduras, encontró que la mejor combinación de N y K estuvo entre 336 kg de nitrógeno y 900 kg de K<sub>2</sub>O aplicados al suelo por hectárea/año, estas dosis dieron significativo al 5% según la tabla de Duncan.

Rosero (32), también citando a la United F. Co., menciona niveles críticos tentativos en el suelo para el cultivo de banano los siguientes: N de 1,0-1,5%; P de 5-10 ppm; K de 0,5-0,65 meq/100 g de suelo; Mg de 1,5-2,0 meq/100 g de suelo; Ca de 15-20 meq/100 g de suelo y las relaciones Ca/Mg de 5-20; Ca/K de 30-36 y Mg de 1-5. Para los nutrientes en la hoja los niveles críticos son los siguientes: N 2,4%; P 0,14%; K 3,0%; Mg 0,24% y Ca 0,50%.

López (23), determina relaciones de equilibrio entre K, Ca y Mg, para suelos bananeros de la vertiente Atlántica



de Costa Rica así:

RELACION	AMBITO NORMAL
Ca/Mg	3,5 - 4,0
Ca/K	17,0 - 25,0
Mg/K	8,0 - 15,0
Ca+Mg/K	20,0 - 38,0
100K/Ca+Mg+ K	3,0 - 5,0

El departamento técnico de AUGURA - CENIBANANO, citado por Rosero (32), propone los siguientes niveles de nutrientes en la hoja de banano:

Nivel	Bajo	Adecuado	Alto
N	2,4	2,4 - 2,7	>2,7
P	0,14	0,14	>0,14
K	3,0	3,0 - 3,3	>3,3
Ca	0,5	0,5 - 0,7	>0,7
Mg	0,24	0,24 - 0,28	>0,28

El banano crece en suelos con pH extremos de 3,5 a 9,0 aun cuando el rango de pH de 5,5 a 8,0 es probablemente el usual, según Lahav y Turner (20). Los mismos autores citando a Godefrey et al, aplicaron cal a un suelo de pH 3,5 a 4,0 a niveles de hasta 24 ton/ha y estudiaron los

ciclos de cultivos. De igual forma, en oxisoles y ultisoles de Puerto Rico, los rendimientos de banano y plátano no cambiaron o se incrementaron muy poco en el rango en un pH de 3,7 a 6,0; estos datos ratifican la hipótesis de que el banano es tolerante a un amplio rango de pH en el suelo.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. LOCALIZACION DEL ENSAYO

Este ensayo se realizó en la finca Agropecuaria la Zoraida propiedad de Alfredo Lacouture Dávila ubicada en el corregimiento de Tucurínca municipio de Ciénaga. La región se localiza en la llamada Zona Bananera del Magdalena que está delimitada según Dagovett y Granados (6), al norte con la quebrada Mateo; al sur con el río Fundación; al este con las primeras estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta a lo largo de la carretera Nacional Troncal de Oriente; y al oeste es una línea arbitraria que enmarca una gran faja de amplitud variable sirve como barrera de separación entre éste y la Ciénaga Grande. La posición geográfica del corregimiento de Tucurínca es la siguiente:  $10^{\circ}39'$  latitud norte y  $74^{\circ}10'$  al oeste de Greenwich (15).

### 3.2. CONDICIONES EDAFOLOGICAS

3.2.1. Tipos de suelos. Según el Instituto Agustín Codazzi (15), el área del ensayo corresponde a suelos bajos normales incluidos en la asociación de Tucurínca (TU) y la serie Tucurínca, la cual incluye los suelos de textura fina; drenaje pobre a muy pobre. El suelo y el subsuelo tienen alto contenido de arcilla (mayor del 40%) en algunos perfiles hay horizontes delgados de textura más livianas. Los colores son variables, pero indicativos de mal drenaje. El pH es de ligeramente ácido a neutro; la capacidad de cambio es muy alta y la saturación catiónica mayor del 80% debido a la abundancia de calcio y magnesio cambiabiles. El nivel de fertilidad es moderado. Los suelos tienen uso limitado debido al mal drenaje.

### 3.3. CARACTERISTICAS ECOLOGICAS

Angulo y Jiménez citados por Dagovett y Granados (6), dicen que en muchos sectores de la Zona se presentan mínimas fluctuaciones de temperatura, pero el rango de oscilación de ésta es de 25 a 32°C y en el norte como consecuencia de las brisas marinas se presenta una pequeña disminución.

De norte a sur los promedios anuales de temperatura son los siguientes:

Localidad	Temperatura
Rio Frio	26,6°C
Sevilla	27,2°C
Aracataca	27,9°C

Las oscilaciones diarias son aproximadamente de unos 10°C. La luminosidad de la zona tiene una distribución que se aproxima a lo siguiente:

180 días a 10 horas de luz solar =	1800 horas
100 días a 6 horas de luz solar =	600 horas
85 días a 5 horas de luz solar =	425 horas
	-----
Total =	2825 horas

Cantidad más que suficiente para la obtención de rendimientos óptimos en la producción del cultivo de banano (6).

La humedad relativa es aproximadamente de 84%, pero en los sectores norte y sur (Rio Frio y Aracataca), es aproximadamente 77 y 75%.

En cuanto a la precipitación hay un periodo marcado de sequía entre los meses de diciembre a marzo y una época lluviosa de mayo a noviembre. El promedio anual de precipitación aumenta de 800 mm, en el norte a 2.000 mm en Tucurín y nuevamente vuelve a bajar a 1.500 mm, en las cercanías de Fundación (31).

#### 3.4. LABORES CULTURALES REALIZADAS EN EL CULTIVO

No se implantaron ni se modificaron las labores culturales que se llevan a cabo tradicionalmente en el cultivo de banano, se realizaron dichas labores, en el lote de ensayo con la misma periodicidad y al mismo tiempo que se hace en toda la finca.

3.4.1. Control de malezas. Se realizaron con machete y el herbicida Gramoxone (Paraquat), cada vez que fue necesario dependiendo de la época.

3.4.2. Desmache. Se efectuó a partir de los cuatro meses después de la siembra y se continuó posteriormente por un periodo aproximado de 42 días.

3.4.3. Apuntalamiento o apoyo. Se utilizaron guaduas para dar soporte a las plantas cuando estaban en producción.



3.3.4. Deshoje. Esta labor consistió en eliminar las hojas que habían culminado su ciclo fisiológico o cuando estorbaban y hacían daño al racimo desmejorando la calidad de la fruta. El se realizó semanalmente.

3.4.5. Embolse. Es la colocación de una bolsa o funda de polietileno perforada al racimo, en los primeros días de la inflorescencia. Se utilizó una funda blanca o pigmentada en el embolse.

3.4.6. Control de edad de la fruta. Consistió en colocar una cinta de color al racimo y así determinar la edad de la fruta y cuándo estaba apta para corte.

3.4.7. Desflore y desmane. Se realizaron dos veces por semana y se desmanaba falsa mas dos.

3.4.8. Riego. El tipo de riego utilizado en el lote de experimentación fue el de aspersión subfoliar, con microaspersores separados 12 m uno del otro.

### 3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño empleado fue el de superficie de respuesta cuadrática de composición central (5), en el que se

utilizaron dos variables con cinco dosis cada una, mas una dosis estándar de fósforo a todos los tratamientos del ensayo, que fueron trece y cuatro repeticiones. El área de cada parcela fue de 37,5 m<sup>2</sup>. las parcelas constaron de cuatro por tres hileras de plantas sembradas a 2,5 m en triángulos con una hilera de guarda entre parcelas y entre bloques. El número total de parcelas fue de 52 y el área de todo el ensayo fue de 3.000 m<sup>2</sup>. Los niveles de fertilización aparecen en la Tabla 1.

El N y el K se aplicaron en forma de sulfato de amonio y sulfato de potasio.

La dosis estándar de P para aplicar a todos los tratamientos, menos al testigo fue de 45 kg/Ha, en forma de super fosfato triple. El modelo matemático que se utilizó fue el siguiente:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2$$

En el cual  $X_1$  = sulfato de amonio y  $X_2$  = sulfato de potasio.

### 3.6. APLICACION DE FERTILIZANTES

Se hizo un pesaje previo de cada dosis de fertilizante

TABLA 1. Dosis y código de los nutrientes ensayados.

Nutrimentos (kg/Ha)	Código				
	-2	-1	0	+1	+2
Nitrogeno	0	207	414	621	828
Potasio	0	360	720	1080	1440

en una balanza de precisión, luego se llevaban y se aplicaban en el lote del ensayo al mismo tiempo los dos fertilizantes (sulfato de amonio y sulfato de potasio), al inicio cuando las plantas estaban pequeñas las dosis se distribuían en círculo al rededor de la planta a una distancia de 30-40 cm de la base del pseudotallo. Cuando las plantas crecieron produjeron hijos y mediante el desmache se escogían los mejores, desde entonces el fertilizante se aplicó en semicírculo frente al hijo seleccionado. La primera fertilización se hizo al 13 de noviembre de 1991 y se continuó por un año a intervalos de dos meses entre ciclos.

Las combinaciones por tratamiento aparecen en la Tabla 2 y la cantidad de fertilizante por ciclo se registra en la Tabla 3.

### 3.7. TOMA DE MUESTRAS DE SUELO Y FOLIAR

Las muestras de suelo se tomaron en el centro de las parcelas, una por tratamiento en cada bloque y luego se mezclaron las cuatro muestras y se sacó una muestra representativa por tratamiento.

Luego las muestras se secaron bajo sombra, se molieron y

TABLA 2. Combinaciones de N y K para los diferentes tratamientos.

Tratamiento	kg/Ha/año N	kg/Ha/año K <sub>2</sub> O
1	0	0
2	0	720
3	0	1440
4	207	360
5	207	1080
6	414	0
7	414	720
8	414	1440
9	621	360
10	621	1080
11	828	0
12	828	720
13	828	1440



TABLA 3. Dosis de nitrógeno en forma de sulfato de amonio y potasio en forma de sulfato de potasio, para cada ciclo de aplicación con intervalo de dos meses.

Tratamiento	g/planta N	g/planta K	g/planta $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$	g/planta $\text{SO}_4\text{K}_2$
1	0	0	0	0
2	0	37,5	0	75
3	0	75,0	0	150
4	10,78	18,7	51,3	37,5
5	10,78	56,25	51,3	112,5
6	21,56	0,0	102,5	0,0
7	21,56	37,5	102,5	75,0
8	21,56	75,0	102,5	150,0
9	32,34	18,7	154,0	37,5
10	32,34	56,25	154,0	112,5
11	43,12	0,0	205,3	0,0
12	43,12	37,5	205,3	75,0
13	43,12	75,0	205,3	150,0

tamizaron. Para la determinación de N total se siguió el procedimiento del Microkjendal descrito en el manual 47 del ICA (4), el Ca y el Mg se determinaron por titulación con EDTA, el K y Na se leyeron en un espectrofotómetro de llama. El pH se determinó en potenciómetro y el fósforo se determinó por el método de Bray II.

El muestreo foliar se hizo en las dos plantas centrales de la parcela, a la hora de la aparición de la inflorescencia. En la tercera hoja hacia la parte media y ambos lados de la vena central se tomaron porciones de aproximadamente 10 cm de largo y cinco centímetros de ancho, procedimiento descrito por Hewitt (13), para las muestras foliares en banano.

las muestras en el laboratorio se lavaron con agua destilada luego se secaron en estufa a una temperatura de 70°C por 24 horas, luego se molieron y se tamizaron en una malla número 300. El nitrógeno se determinó por el método del Microkjendal descrito en el manual 38 del ICA (14). El potasio se leyó en un espectrofotómetro de llama, el Ca y el Mg se hallaron por titulación con EDTA y el P se determinó por el método de Bray II.



### 3.8. PARAMETROS EVALUADOS

El número de hojas y el grosor del pseudotallo se midieron dos meses después de la primera cosecha, En el hijo seguidor; el perímetro del pseudotallo se midió con una cinta métrica a un tercio de la altura de la planta a partir del suelo.

Para medir el peso del racimo se marcaban previamente en el lote los racimos con una tarjeta que indicaba el tratamiento y el bloque a que pertenecían. Después de cosechados eran llevados a la empacadora donde se pesaban los racimos, se contaban las manos y se medía el calibre (Vitola) en los dedos centrales de la segunda mano superior, seguidamente se realizaba el desmane y se procedía a pesar el bástago (pinzote).

Una vez obtenidos todos los datos anteriores se procedía a hacer un análisis de regresión múltiple con las dosis de fertilizante y la producción en toneladas; y se procedió con base en los resultados a determinar el óptimo físico y el óptimo económico de nitrógeno y potasio para el cultivo de banano en la zona de Tucurínca.

Para realizar el análisis de regresión múltiple se utilizó el diseño de superficie de respuesta cuadrático con dos variables, el cual presenta la matriz  $X$ , conformada por los valores codificados de nitrógeno y potasio y procesados como aparece en la Tabla 4. La matriz  $X'$  representa la transpuesta de la matriz  $X$ , y la matriz  $X'X$  el producto de las dos anteriores (Tabla 5).

El vector  $Y$  está formado por los promedios de los trece tratamientos en el parámetro producción en toneladas por hectárea; este vector se multiplicó por la matriz transpuesta  $X'$  para obtener el vector  $X'Y$  y del producto de este vector por la inversa  $(X'X)^{-1}$  se obtuvieron los estimadores de los coeficientes para unidades codificadas (betas calculados), Tabla 6.

Se hizo una regresión de tipo lineal con todos los parámetros evaluados y sus análisis de varianza preliminares (Anexo 1). Se realizaron además análisis de varianza preliminares de cada una de las variables medidas (Anexos del 2-10). También se realizó un análisis de varianza final (Anexos 11 y 12), el cual es también utilizado para determinar el coeficiente de correlación múltiple de la ecuación de regresión (Anexo 13).

TABLA 4. Diseño de superficie de respuesta cuadrática con dos variables.

X = Matriz codificada

$$X = \begin{bmatrix} X_0 & X_1 & X_2 & X_{11} & X_{22} & X_{12} \\ 1 & -2 & -2 & 4 & 4 & 4 \\ 1 & -2 & 0 & 4 & 0 & 0 \\ 1 & -2 & 2 & 4 & 4 & -4 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & -2 & 0 & 4 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 2 & 0 & 4 & 0 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & -2 & 4 & 4 & -4 \\ 1 & 2 & 0 & 4 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 2 & 4 & 4 & 4 \end{bmatrix}$$



TABLA 5. Transpuesta de la matriz codificada.

 $X^T$  = Matriz transpuesta.

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -2 & 2 & -2 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 \\ -2 & 0 & 2 & -1 & 1 & -2 & 0 & 2 & -1 & 1 & -2 & 0 & 2 \\ 4 & 4 & 4 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 4 & 4 & 4 \\ 4 & 0 & 4 & 1 & 1 & 4 & 0 & 4 & 1 & 1 & 4 & 0 & 4 \\ 4 & 0 & -4 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & -4 & 0 & 4 \end{bmatrix}$$

 $X^T X$  = Producto de la matriz transpuesta por la matriz codificada

$$X^T X = \begin{bmatrix} 13 & 0 & 0 & 28 & 28 & 0 \\ 0 & 28 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 28 & 0 & 0 & 0 \\ 28 & 0 & 0 & 100 & 68 & 0 \\ 28 & 0 & 0 & 68 & 100 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 68 \end{bmatrix}$$

TABLA 6. Inversa de la matriz  $X'X$  $(X'X)^{-1}$  = Inversa de la matriz  $X'X$ 

$$(X'X)^{-1} = \begin{bmatrix} 3/11 & 0 & 0 & -1/22 & -1/22 & 0 \\ 0 & 1/28 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/28 & 0 & 0 & 0 \\ -1/22 & 0 & 0 & 129/4928 & -25/4928 & 0 \\ -1/22 & 0 & 0 & -25/4928 & 129/4928 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/68 \end{bmatrix}$$

 $Y$  = Vector produccion $X'Y$  = Matriz transpuesta por vector  $Y$ 

$$Y = \begin{bmatrix} 12,21 \\ 32,53 \\ 31,08 \\ 36,55 \\ 38,23 \\ 29,07 \\ 42,54 \\ 43,52 \\ 37,55 \\ 52,55 \\ 31,50 \\ 38,82 \\ 53,48 \end{bmatrix}$$

$$X'Y = \begin{bmatrix} 479,63 \\ 111,28 \\ 127,28 \\ 963,36 \\ 968,32 \\ 25,76 \end{bmatrix}$$

Coeficientes calculados para la ecuacion de regresion multiple

$$(X'X)^{-1} \times X'Y = B$$

$$B = (b_0, b_1, b_2, b_{11}, b_{22}, b_{12})$$

$$b_0 = 43,004545$$

$$b_{11} = -1,473149$$

$$b_1 = 3,974285$$

$$b_{22} = -1,318149$$

$$b_2 = 4,545714$$

$$b_{12} = 0,378823$$

El procedimiento para determinar el coeficiente de correlación múltiple es descrito por Steel y Torrie (33).

Para determinar si las regresiones lineal, cuadrática, cúbica y cuártica, fueron significativas o no, se realizó un análisis de varianza completo, para esto se recurrió a las tablas de Fisher y Yates (8), y Little (21); estos resultados aparecen consignados en el Anexo 14, por otro lado se efectuó una comparación ortogonal entre tratamientos teniendo en cuenta los promedios de producción (Anexo 15).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. ENSAYO DE CAMPO

4.1.1. Rendimiento. Los mejores resultados en rendimiento fueron obtenidos en el tratamiento 13 con una producción promedio de 29 kg/racimo, con dosis de 828 y 1.440 kg/Ha/año de N y K<sub>2</sub>O respectivamente, seguido del tratamiento 10 con producción promedio de 28,5 kg/racimo y las dosis de N= 621 y K<sub>2</sub>O= 1.440 kg/Ha/año; el tratamiento siete con producción de 23,07 kg/racimo y una dosis de N=414 y K<sub>2</sub>O= 720 kg/Ha/año, ésta última dosis corresponde a la dosis comercial de la zona (Tabla 7). Los tratamientos 13 y 10 presentan producción promedio superior a los promedios de la zona ( $25 \pm 2$  kg/racimo), mientras que los tratamientos ocho y siete tienen promedio similar al de la zona. Los restantes están por debajo de este promedio.

Todos los tratamientos presentaron un incremento en rendimiento expresado en porcentaje por encima del

TABLA 7. Peso de racimo en kg/ha del ensayo de fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de banana.

TRATA MIENTOS	DOSIS FERTILIZANTE kg/ha/año			B L O Q U E S				TOTAL	$\bar{X}$
	N	P	K	I	II	III	IV		
1	0	0	0	6,58	6,94	6,79	6,17	26,48	6,62
2	0	45	720	16,90	17,64	18,44	17,58	70,56	17,64
3	0	45	1440	14,02	15,10	18,16	20,12	67,40	16,85
4	207	45	360	20,69	22,65	16,36	19,58	79,28	19,82
5	207	45	1080	25,71	17,42	19,28	20,51	82,92	20,73
6	414	45	0	16,38	15,30	14,18	17,18	63,04	15,76
7	414	45	720	20,70	23,68	23,24	24,66	92,28	23,07
8	414	45	1440	22,03	23,37	23,66	25,34	94,40	23,60
9	621	45	360	18,91	20,90	20,12	21,51	81,44	20,36
10	621	45	1080	27,12	26,18	30,24	30,46	114,00	28,50
11	828	45	0	16,93	16,74	16,72	17,93	68,32	17,08
12	828	45	720	19,24	21,82	20,08	23,06	84,20	21,05
13	828	45	1440	28,77	25,83	30,56	30,84	116,00	29,00
TOTAL				253,98	253,57	257,83	274,94		20,01



testigo absoluto (tratamiento 1 con dosis de  $N=0$  y  $K20=0$  kg/Ha/año), (Tabla 8).

Respecto al testigo comercial (tratamiento 7), sólo tuvieron un incremento positivo en rendimiento los tratamientos 13, 10 y 8 con 125,7%, +123,5% y 102,3% respectivamente, los restantes tratamientos están por debajo de éste (Tabla 9).

Los resultados obtenidos para peso de racimo durante este ensayo no concuerdan con los encontrados por López (24), en Costa Rica, el cual tuvo un peso promedio de 28,8 kg/racimo con una dosis de  $N=300$  kg/Ha/año,  $P205=300$  kg/Ha/año y  $K20=600$  kg/Ha/año. Lo anterior puede ser atribuido a los altos contenidos de K en el suelo (3,35 meq/100 g de suelo) y de M.O. (8,36%), reportados por este mismo autor en la Costa Atlántica de Costa Rica.

En un experimento realizado en Panamá y citado por Bayona (1), se encontraron los mayores pesos de racimo (37,7 kg) con las mayores dosis de potasio (900 kg/Ha/año) y una dosis fija de nitrógeno. Lo anterior coincide con nuestro estudio donde la dosis más alta de potasio y nitrógeno presentó el mejor peso de racimo (29 kg).

TABLA 8. Incremento de la producción por tratamiento respecto al testigo absoluta  $T_1$ , con dosis  $N = 0$ ,  $K_2O = 0$  y  $P_2O_5 = 0$ .

TRATA MIENTOS	DOSIS FERTILIZANTE kg/ha/año			PRODUCCION ton/ha	INCREMENTO ton/ha	% RELATIVO DE INCREMENTO
	N	P	K			
1	0	0	0	12,21		100
2	0	45	720	32,53	20,32	266,42
3	0	45	1440	31,08	18,87	254,55
4	207	45	360	36,55	24,34	299,34
5	207	45	1080	38,23	26,02	313,10
6	414	45	0	29,07	16,86	238,08
7	414	45	720	42,54	30,33	348,40
8	414	45	1440	43,52	31,31	356,43
9	621	45	360	37,55	25,34	307,53
10	621	45	1080	52,55	40,34	430,38
11	828	45	0	31,50	19,29	257,99
12	828	45	720	38,82	26,61	317,94
13	828	45	1440	53,48	41,27	438,00

TABLA 9 . Incremento de la producción por tratamiento respecto al testigo comercial T<sub>7</sub>, con dosis N = 414 , K<sub>2</sub>O = 720 y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 45.

TRATA MIENTOS	DOSIS FERTILIZANTE kg/ha/año			PRODUCCION ton/ha	INCREMENTO ton/ha	% RELATIVO DE INCREMENTO
	N	P	K			
1	0	0	0	12,21	- 30,33	- 28,70
2	0	45	720	32,53	- 10,01	- 76,47
3	0	45	1440	31,08	- 11,46	- 73,06
4	207	45	360	36,55	- 5,99	- 85,92
5	207	45	1080	38,23	- 4,31	- 89,87
6	414	45	0	29,07	- 13,47	- 68,34
7	414	45	720	42,54	0	100
8	414	45	1440	43,52	0,98	102,30
9	621	45	360	37,55	- 4,99	- 88,26
10	621	45	1080	52,55	10,01	123,53
11	828	45	0	31,50	11,04	- 74,04
12	828	45	720	38,82	3,72	- 91,25
13	828	45	1440	53,48	10,94	125,71

Los tratamientos 1, 6, 11, a los cuales no se les aplicó potasio, presentaron los más bajos rendimientos (6,62; 15,76; 17,08 kg/racimo) respectivamente, confirmando lo expresado por Hernández et al (11), quienes reportaron que los efectos del potasio aplicado al suelo sobre la conformación del racimo fueron significativamente positivos y observaron gran diferencia con aquellos racimos de plantas y parcelas que no se les aplicó potasio, además concuerda también con lo anotado por Turner y Barkus (20), quienes afirman que el órgano más afectado por la deficiencia de potasio es el racimo y encontraron que mientras el suplemento bajo de potasio reduce la producción total de materia en un 50% el, racimo se reduce en un 80% en peso.

El análisis de varianza presentó diferencia significativa al 1% entre tratamientos con respecto al peso de racimo, mientras que entre bloques no se presentó diferencia significativa (Anexo 2).

El análisis de regresión correlacionó positiva y significativamente al 5% para las regresiones lineal y cuadrática, cuando se relacionaron nitrógeno del suelo, potasio del suelo, dosis de N, dosis de K<sub>2</sub>O, con producción en kg/racimo (Figuras 1-4). Esto concuerda con

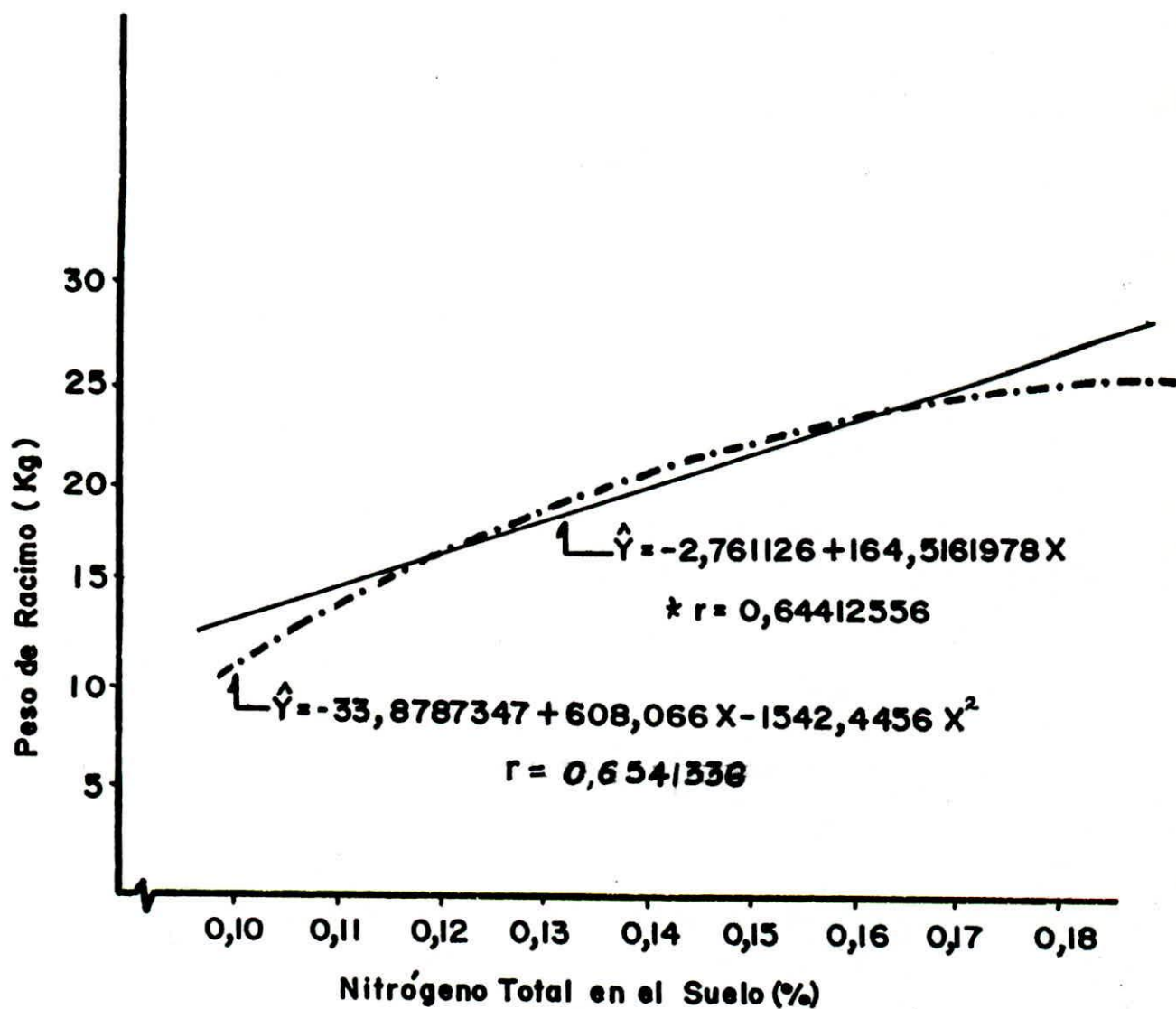


FIGURA 1. Representación grafica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables nitrógeno total en el suelo Vs. peso de racimo.



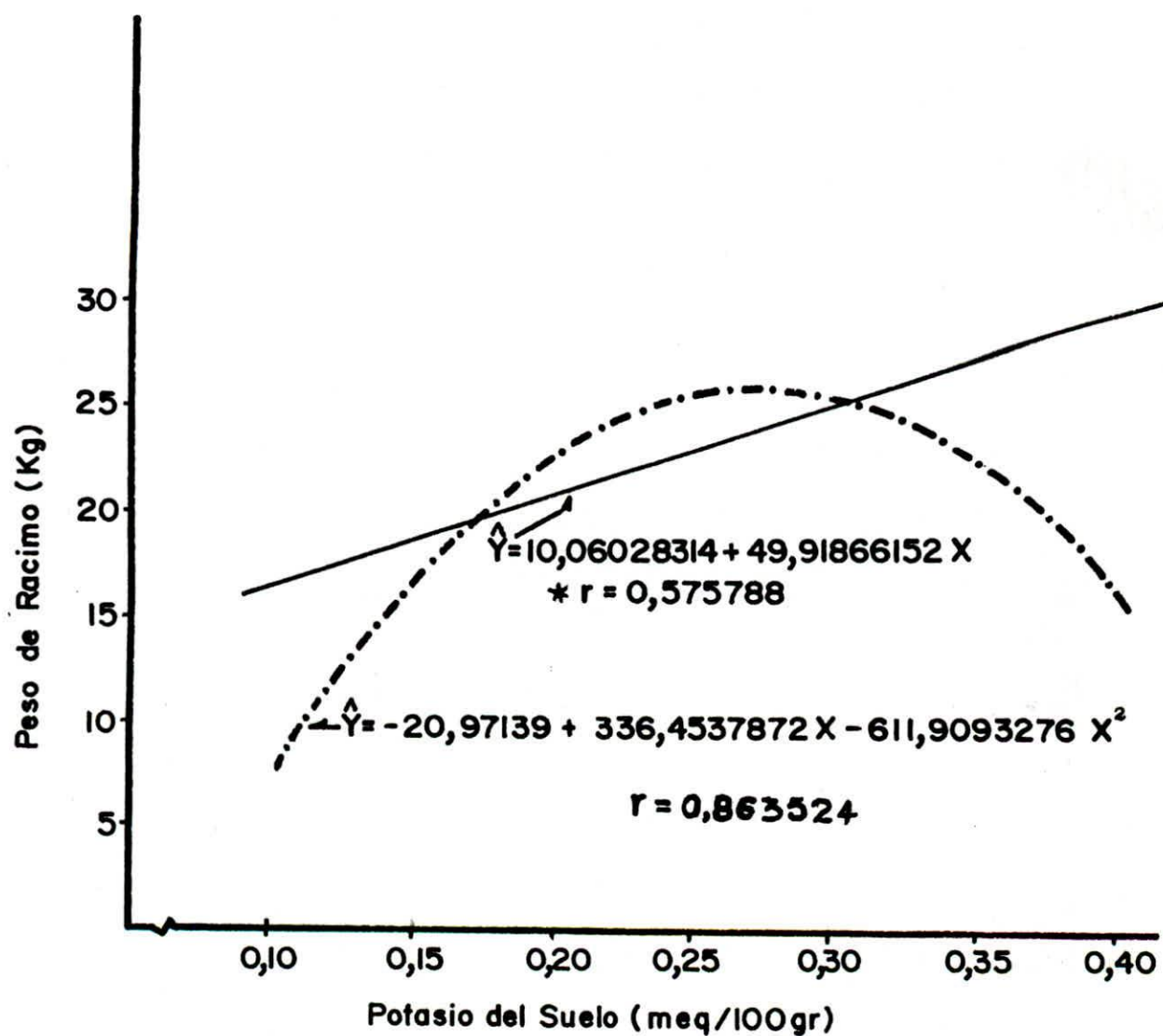


FIGURA 2. Representacion grafica de las regresiones lineal y cuadratica para las variables potasio del suelo Vs. peso de racimo.

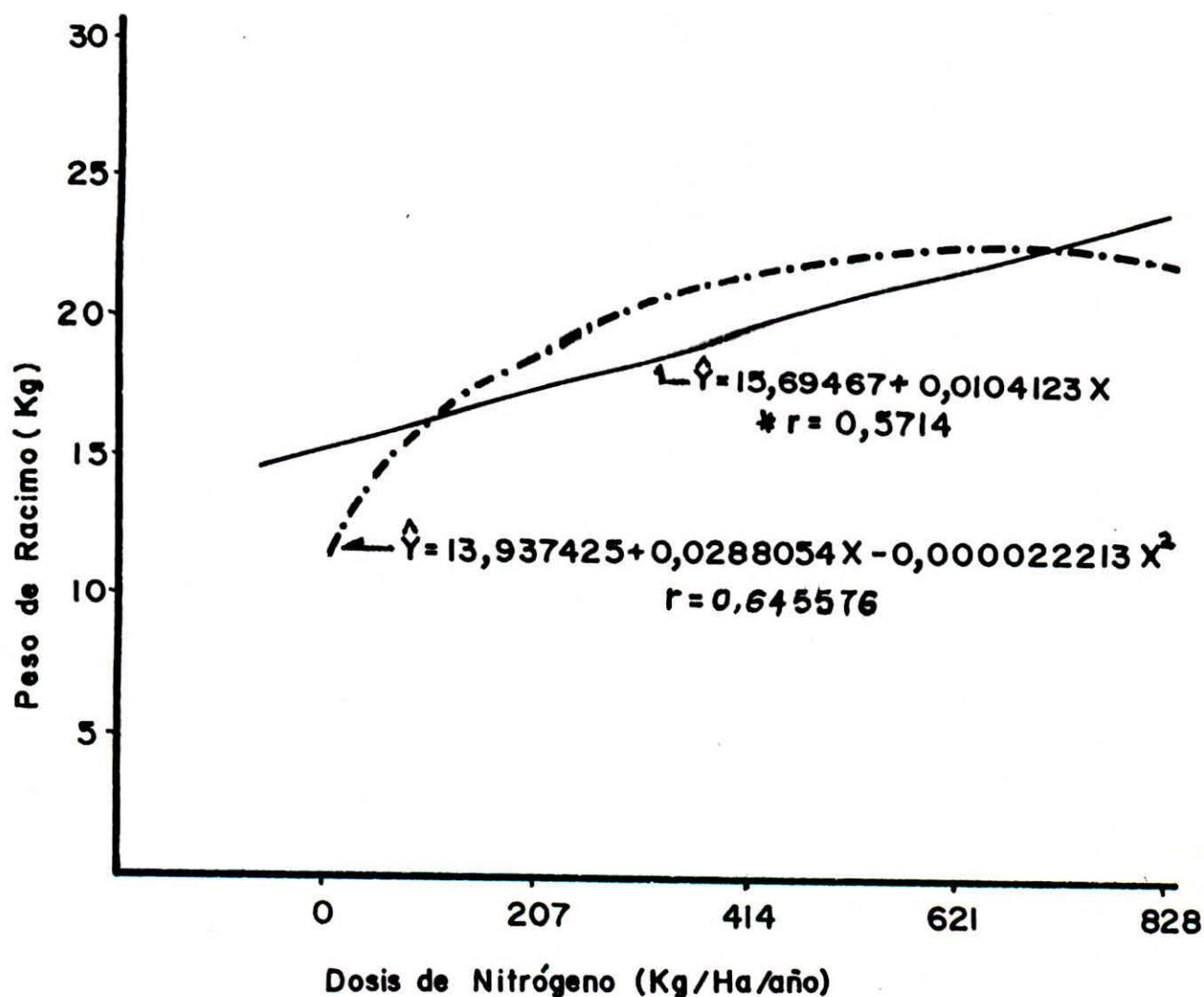


FIGURA 3. Representación grafica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de nitrógeno Vs. peso de racimo.

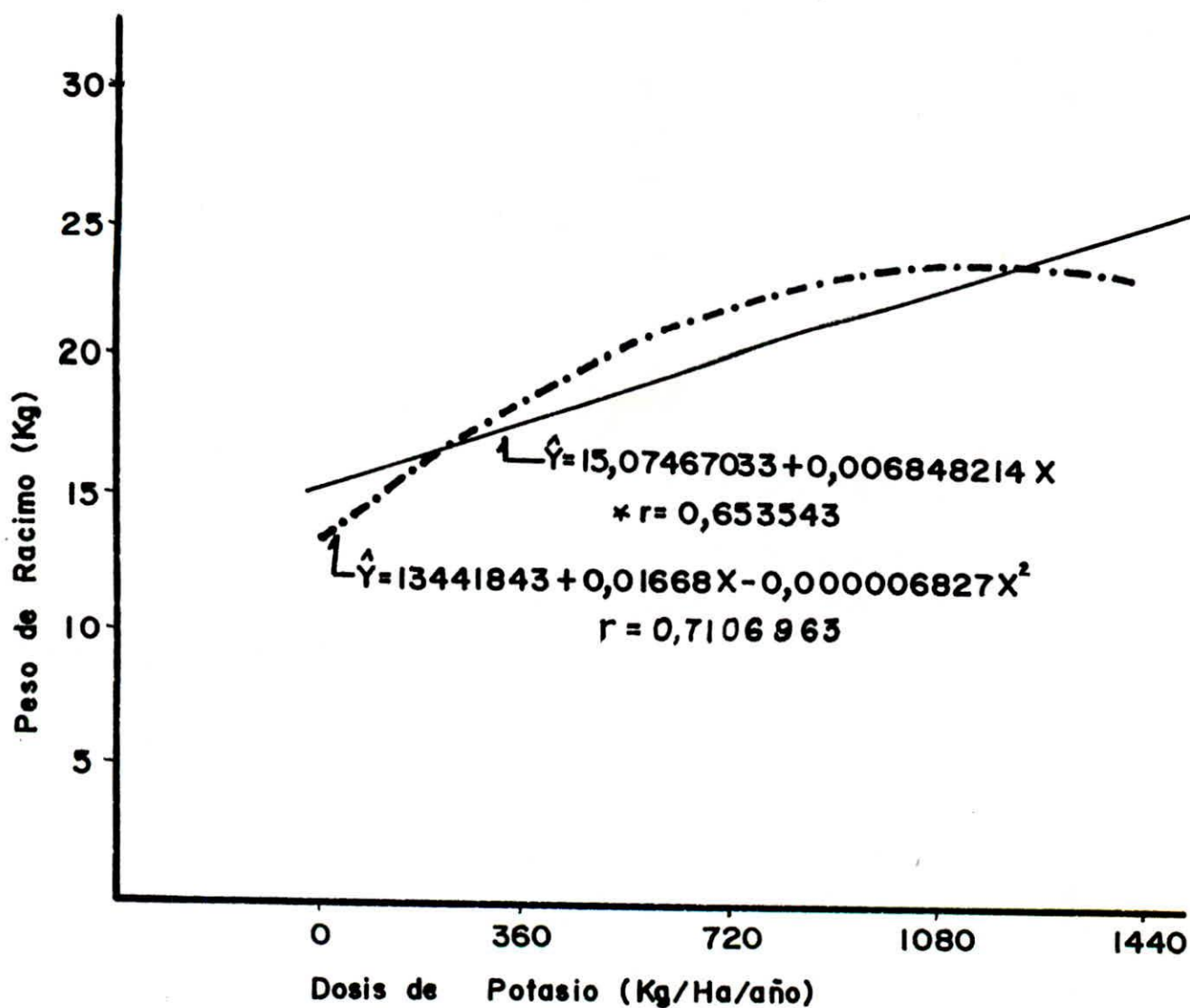


FIGURA 4. Representación grafica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de potasio Vs. peso de racimo.

lo anotado por la United Fruit Co., citada por Bayona (1), quienes encontraron en la finca Laureles en Honduras, que la dosis de N y K aplicadas al suelo dieron valores significativos al 5% cuando se relacionaron con las variables de producción y determinaron como mejor dosis combinada de N y K, 336 kg de N y 900 kg de K<sub>2</sub>O aplicados por hectárea por año. López y Arias (22), también encontraron una relación directa entre el potasio aplicado y el peso del racimo; Bayona (1), concluyó que la mayor producción esta relacionada con una mayor fertilización con cloruro de potasio ya que hubo correlación positiva altamente significativa al 1%, lo mismo para nitrógeno. En la Tabla 10, aparecen los coeficientes de regresión múltiple ajustados, con los cuales se conforma la ecuación de regresión múltiple. En la misma tabla aparece el procedimiento para ajustar estos coeficientes.

Con la ecuación de regresión múltiple en unidades originales se sustituyeron los valores de nitrógeno y potasio para proceder a estimar los rendimientos en toneladas por hectárea y construir con estos valores la gráfica de superficie de respuesta cuadrática (Figura 5). Apartir de la ecuación de regresión múltiple también se construyeron las gráficas de producción Vs. dosis de

TABLA 10. Coeficientes de regresión múltiple ajustados para la estimación del rendimiento parcelario, en el ensayo efectuado en Tucurínca.

Coeficientes ajustados en ton/Ha	
$b_0$	16,314647
$b_1$	0,0439852
$b_2$	0,0251685
$b_{11}$	-0,00003438
$b_{22}$	-0,00001017
$b_{12}$	0,000005084

Procedimiento para el ajuste de los coeficientes:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2$$

$$Y = 43,004545 + 3,974285\left(\frac{N-414}{207}\right) + 4,545714\left(\frac{K-720}{360}\right) - 1,473149\left(\frac{N-414}{207}\right)^2$$

$$- 1,319149\left(\frac{K-720}{360}\right)^2 + 0,378823\left(\frac{N-414}{207}\right)\left(\frac{K-720}{360}\right)$$

$$Y = 16,314647 + 0,0439852N + 0,0251685K - 0,00003438N^2 - 0,00001017K^2 + 0,000005084NK$$



$$Y = 16,341647 + 0,0439852N + 0,025168K - 0,00003438N^2 - 0,00001017K^2 + 0,00000508NK$$

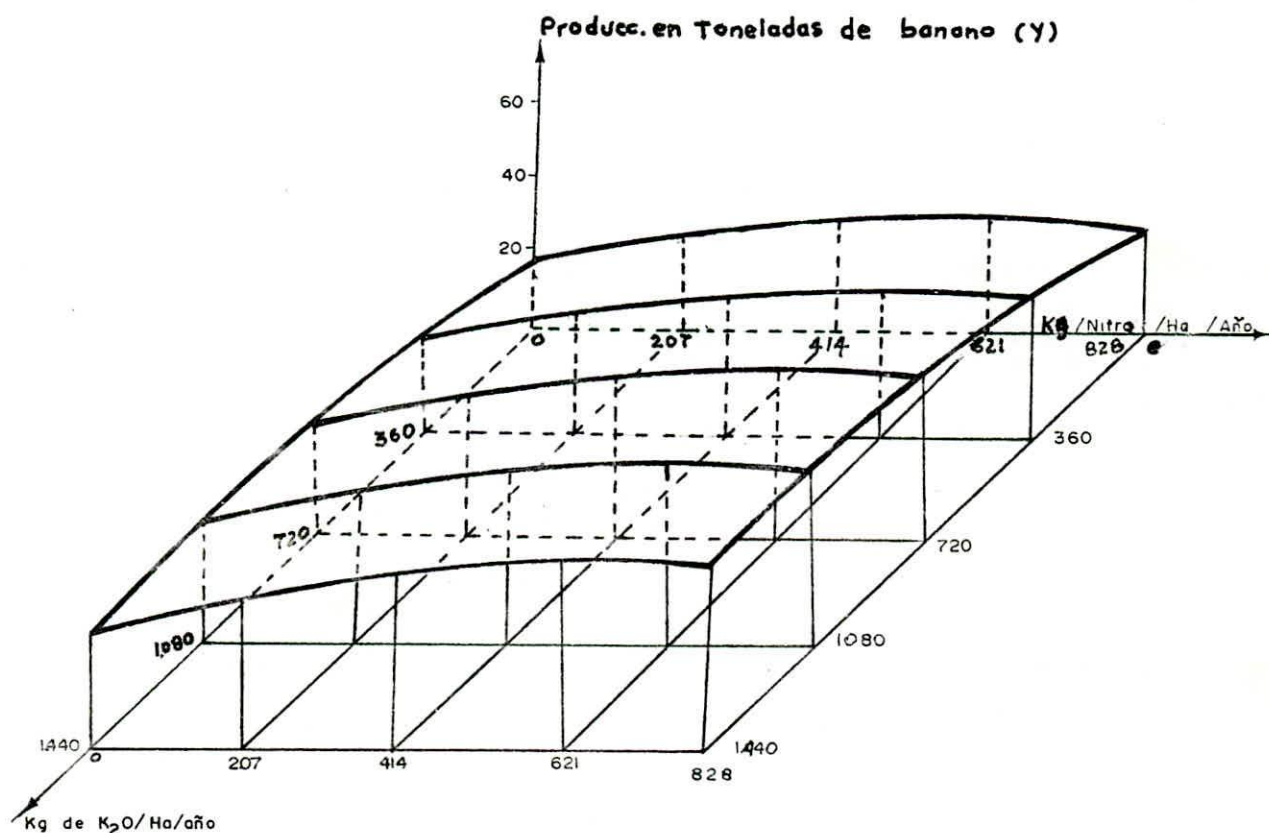


FIGURA 5. Representación gráfica de la superficie de respuesta calculada en el ensayo de fertilización realizado en Tucurín (Magdalena).

nitrógeno y producción Vs. dosis de potasio (Figuras 6 y 7), en las cuales se puede observar que la producción máxima se obtiene con una dosis de 1.237 kg de K<sub>2</sub>O/Ha/año y una dosis de 639,69 kg de N/Ha/año. Estas dosis obtenidas son bastante parecidas a las utilizadas en el tratamiento 10, con 1.080 kg de K<sub>2</sub>O/Ha/año y 28,5 kg/racimo; superada únicamente por el tratamiento 13, con 29,0 kg/racimo; por tal motivo se tuvieron en cuenta los tratamientos 10 y 13 al momento de determinar los niveles críticos de nitrógeno y potasio en el cultivo de banano para la región de Tukurinca, Magdalena.

4.1.2. Número de manos por racimo. La Tabla 11, muestra el número de manos promedio por racimo y se observa que el mayor promedio de manos corresponde al tratamiento número 13, con nueve manos por racimo, desechando la falsa más dos, siguiendo en orden decreciente el tratamiento 10 con 8,75 manos por racimo, el tratamiento ocho con 8,37 manos por racimo, el tratamiento 12 con 7,37 manos por racimo, los restantes tratamientos presentan un número inferior de manos, hasta llegar al tratamiento uno con un promedio de 4,85 manos por racimo.

El mayor peso de racimo 29 kg y el mayor número de manos, nueve, se presentaron en el tratamiento 13, concordando

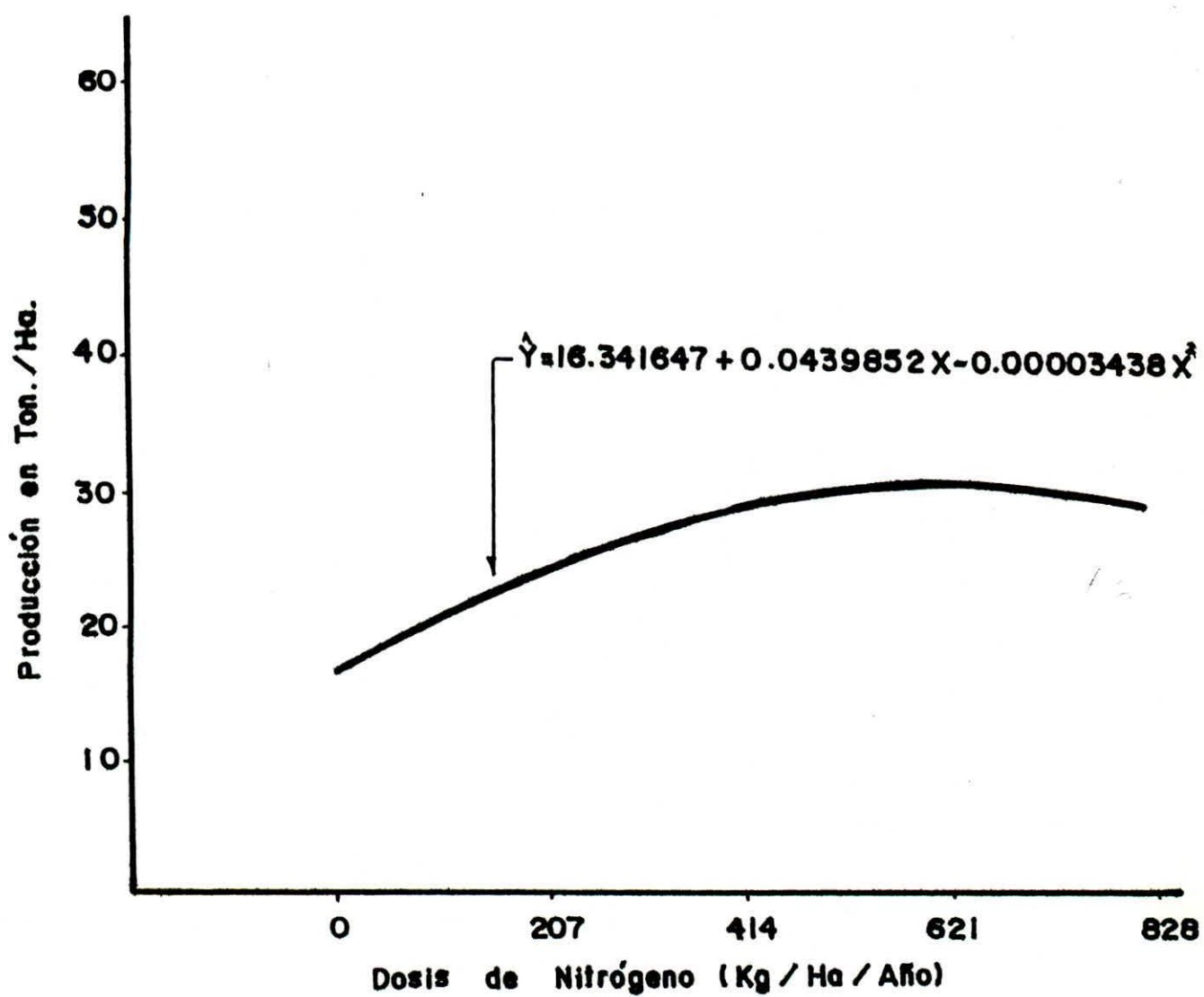


FIGURA 6. Regresion del efecto del nitrógeno en el rendimiento para el cultivo de banano.

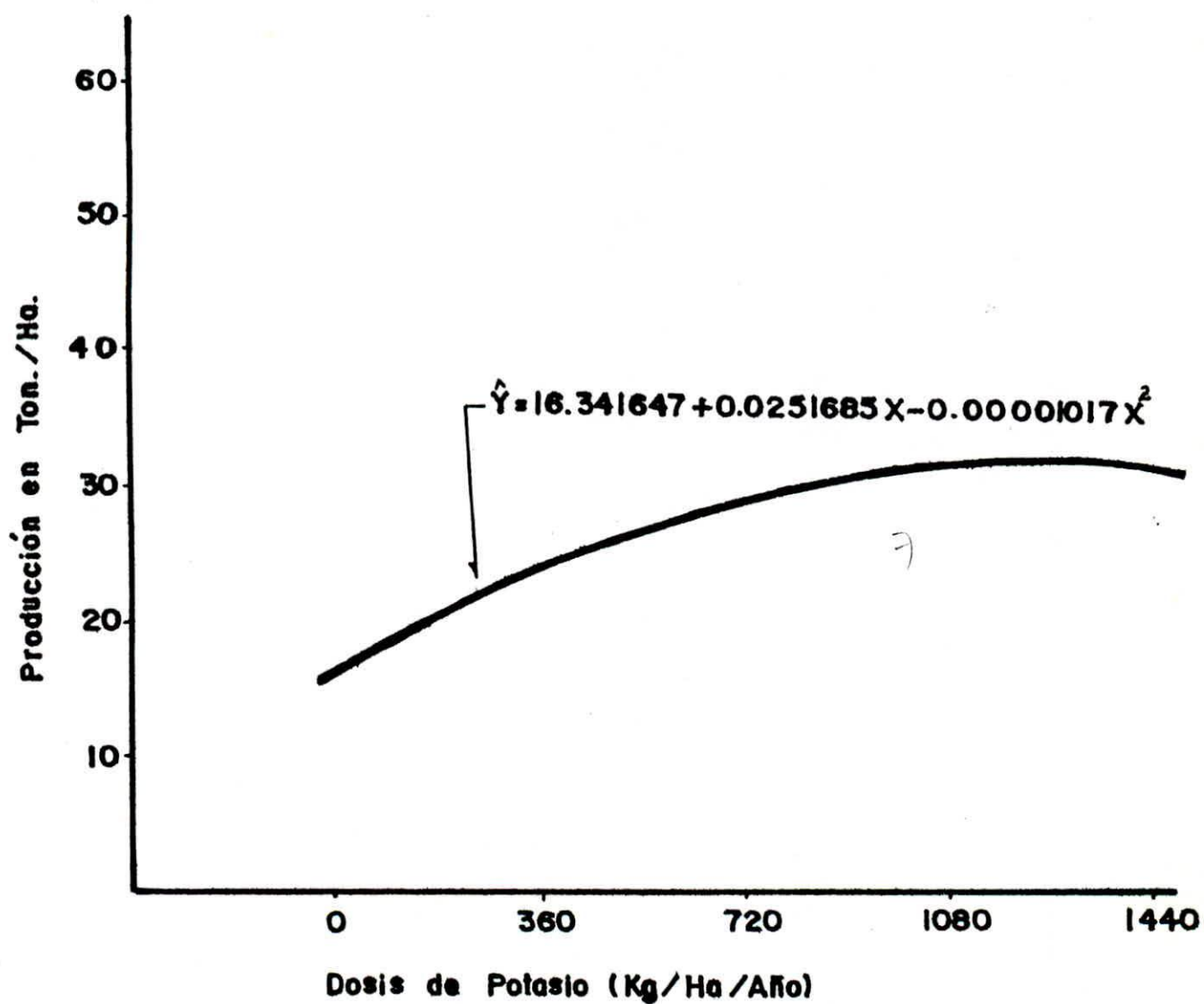


FIGURA 7. Regresion del efecto del potasio en el rendimiento para el cultivo de banano.

TABLA 11. Número de manos promedio por racimo del ensayo de fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de banana.

TRATA NIENTOS	DOSIS FERTILIZANTE g/ha/año			B L O Q U E S				TOTAL	$\bar{X}$
	N	P	K	I	II	III	IV		
1	0	0	0	5,00	4,50	5,00	5,00	19,50	4,87
2	0	45	720	6,50	5,50	5,00	6,50	23,50	5,87
3	0	45	1440	6,00	5,00	7,00	6,50	24,50	6,12
4	207	45	360	6,50	8,00	5,00	7,00	26,50	6,62
5	207	45	1080	7,50	6,00	7,00	6,00	26,50	6,62
6	414	45	0	7,50	6,00	6,50	7,50	27,50	6,87
7	414	45	720	7,50	7,00	7,50	8,50	30,50	7,62
8	414	45	1440	7,50	9,00	9,00	8,00	33,50	8,37
9	621	45	360	6,00	8,00	7,00	8,00	29,00	7,25
10	621	45	1080	7,00	8,50	9,50	10,00	35,00	8,75
11	828	45	0	6,50	7,00	7,00	8,00	28,50	7,12
12	828	45	720	7,00	7,00	7,50	8,00	29,50	7,37
13	828	45	1440	10,00	8,00	9,50	8,50	36,00	9,00
TOTAL				90,05	89,50	92,50	97,50	370,00	7,11



con Vargas citado por Soto (34) y con Hernández et al (11), quienes hallaron para un mayor número de manos un mayor peso de racimo. La dosis más alta de fertilizantes (N= 828 y K= 1.440 kg), produjo el mayor número de manos (9 manos/racimo), contrario a lo expuesto por López y Arias (22) quienes con dosis medias de N y K20= 600 kg y N= 450 y K20= 600 kg respectivamente, consiguieron los mejores promedios de número de manos por racimo. Un promedio de nueve manos por racimo, igual que el conseguido durante este ensayo, fue obtenido por Martín Prevel y Charpentier (26), utilizando un tratamiento completo de elementos mayores mas elementos menores.

El análisis de varianza arrojó diferencias altamente significativas (1%) entre tratamientos contrario a lo reportado por Herrera (12), quien no encontró significancia entre tratamientos al analizar el parámetro número de manos por racimo; pero sí concuerda con lo encontrado por Hernández et al (11), quienes en el análisis de varianza para este parámetro obtuvieron alta significancia (1%).

La correlación entre dosis de nitrógeno aplicado al suelo y número de manos por racimo fue positiva y significativa al 1% para las regresiones lineal y cuadrática (Figura 8)

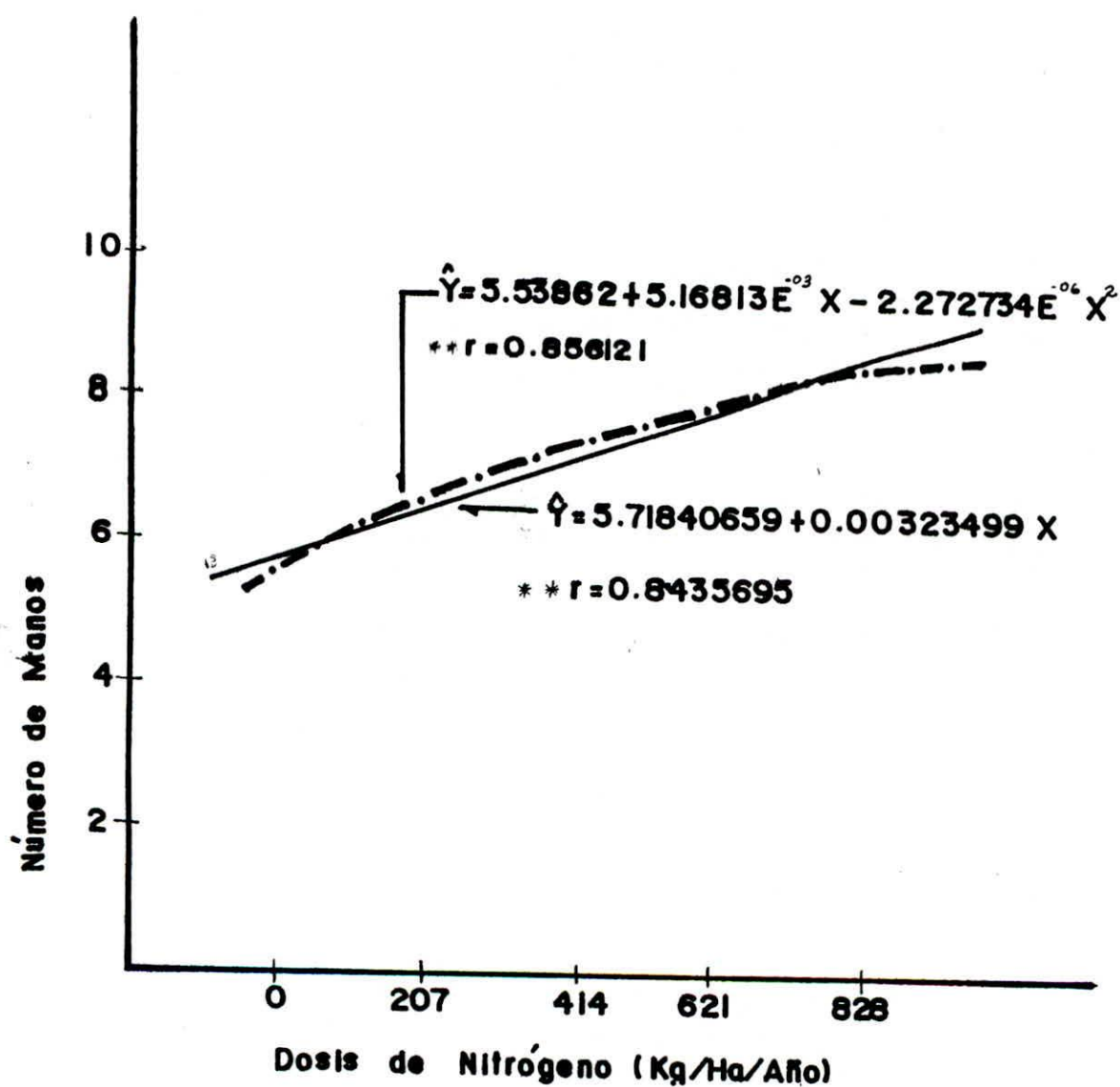


FIGURA 8. Representación grafica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de nitrógeno Vs. número de manos.

mientras que para potasio aplicado al suelo contra el mismo parámetro no se presentó significancia, esto concuerda con Hernández et al (11), los cuales afirman que el potasio aplicado al suelo afectó sobre todo el área foliar y al grosor del pseudotallo, pero no concuerdan con López y Arias (22) que si hallaron respuestas lineales positivas y significativas al comparar las variables mencionadas.

4.1.3. Peso de bástago. Los datos de los promedios de los bástagos (pinzote o raquis), aparecen en la Tabla 12. El mayor promedio se presenta en el tratamiento 13 con tres kg, seguido del tratamiento 10 con 2,78 kg, el tratamiento ocho con 2,7 kg y el tratamiento siete con 2,4 kg, los restantes promedios pueden ser consultados de la tabla antes mencionada. De igual forma en los trabajos llevados a cabo por Herrera (12) y por López y Arias (22), reafirman la relación directamente proporcional existente entre los parámetros peso de racimo, número de manos y peso de bástago, corroborando lo obtenido durante este ensayo, en el que el tratamiento 13 presentó los mayores promedios en las tres variables antes mencionadas.

El peso del bástago es un parámetro que puede ser muy

TABLA 12. Peso del bastago en kg del ensayo de fertilizacion con nitrogeno y potasio en el cultivo de banana.

TRATA MIENTOS	DOSIS FERTILIZANTE kg/ha/año			B L O C O S				TOTAL	$\bar{X}$
	N	P	K	I	II	III	IV		
1	0	0	0	0,96	0,88	0,56	0,60	3,00	0,75
2	0	45	720	1,12	0,80	1,04	0,54	3,50	0,88
3	0	45	1440	0,99	1,21	1,74	2,86	6,80	1,70
4	207	45	360	1,38	1,44	0,96	1,02	5,60	1,40
5	207	45	1080	2,01	0,90	2,29	2,10	7,30	1,83
6	414	45	0	1,00	1,20	1,00	1,30	4,50	1,13
7	414	45	720	2,56	2,44	2,50	2,10	9,60	2,40
8	414	45	1440	2,45	2,85	2,42	3,08	10,80	2,70
9	621	45	360	1,20	1,10	1,75	2,45	6,50	1,63
10	621	45	1080	2,98	2,75	3,29	2,08	11,10	2,78
11	828	45	0	2,08	2,02	2,21	2,49	8,80	2,20
12	828	45	720	1,77	2,87	2,51	3,25	10,40	2,60
13	828	45	1440	2,93	2,93	3,33	2,81	12,00	3,00
TOTAL				23,43	23,39	25,60	27,43	99,90	1,92



variable por no existir un criterio preciso que estipule el sitio exacto por donde debe ser cortado el bástago a la hora de ser cosechado de la planta. El largo y peso del bástago depende mucho de la persona encargada de la cosecha de los racimos en el campo.

Para peso de bástago el análisis de varianza presentó diferencias altamente significativas al 1% entre tratamientos, pero no entre bloques (Anexo 4).

En la regresión y correlación entre nitrógeno aplicado contra peso de bástago se presentó diferencia significativa (1%) y positiva para las regresiones lineal y cuadrática (Figura 9), mientras que para potasio aplicado y peso de bástago se presentó correlación positiva y significativa al 5% para ambas regresiones (Figura 10), esto coincide con López y Arias (22), quienes determinaron que el peso del pinzote correlacionó en forma positiva y significativa (1%) con todas las variables de producción y dosis aplicadas.

4.1.4. Calibración. Esta variable no presentó diferencia significativa entre tratamientos, esto se debe a que no se estipuló una fecha exacta para el corte de cada racimo y se cosecharon no teniendo en cuenta los días que tenía



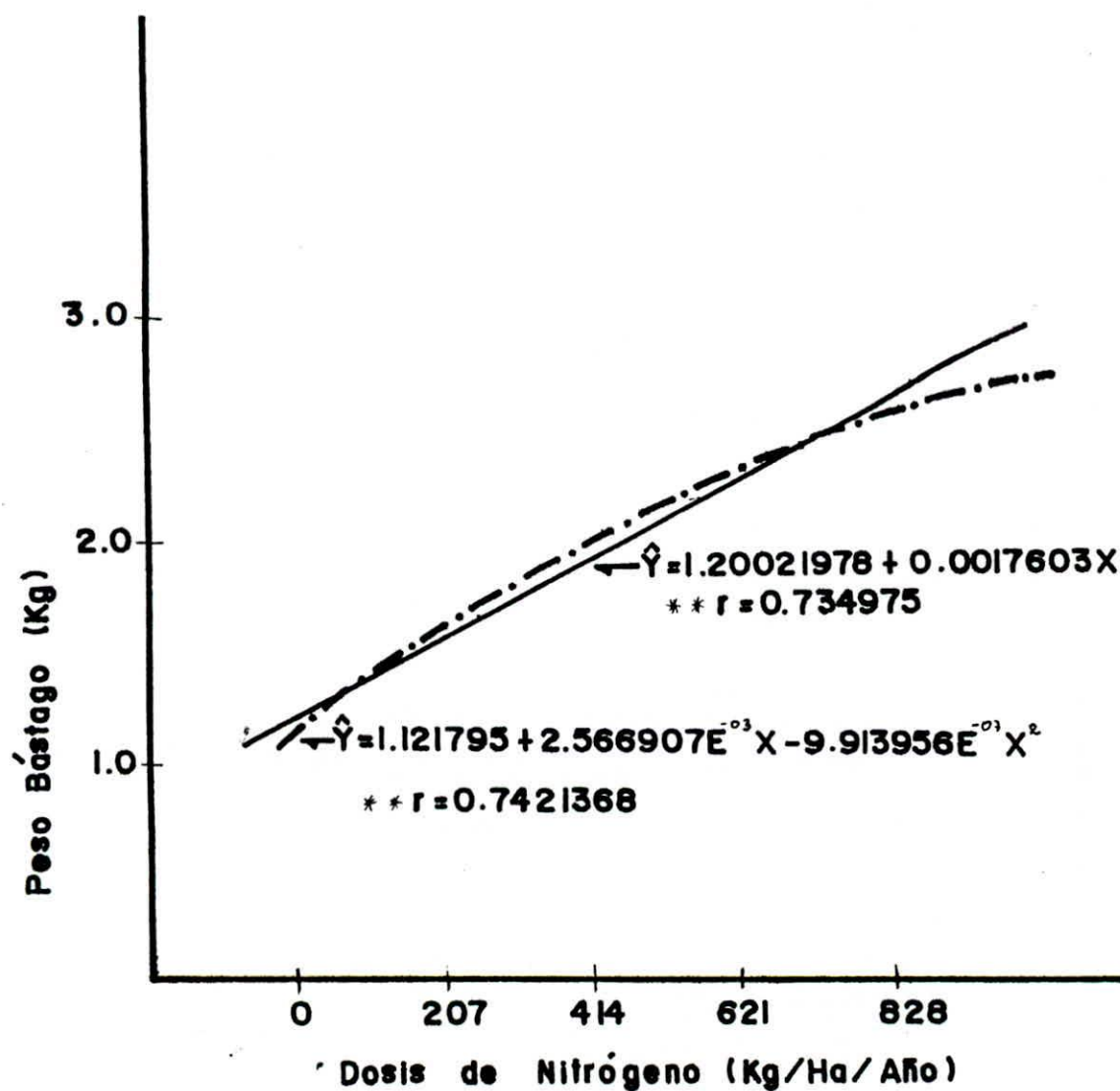


FIGURA 9. Representación grafica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de nitrógeno Vs. peso de bástago.

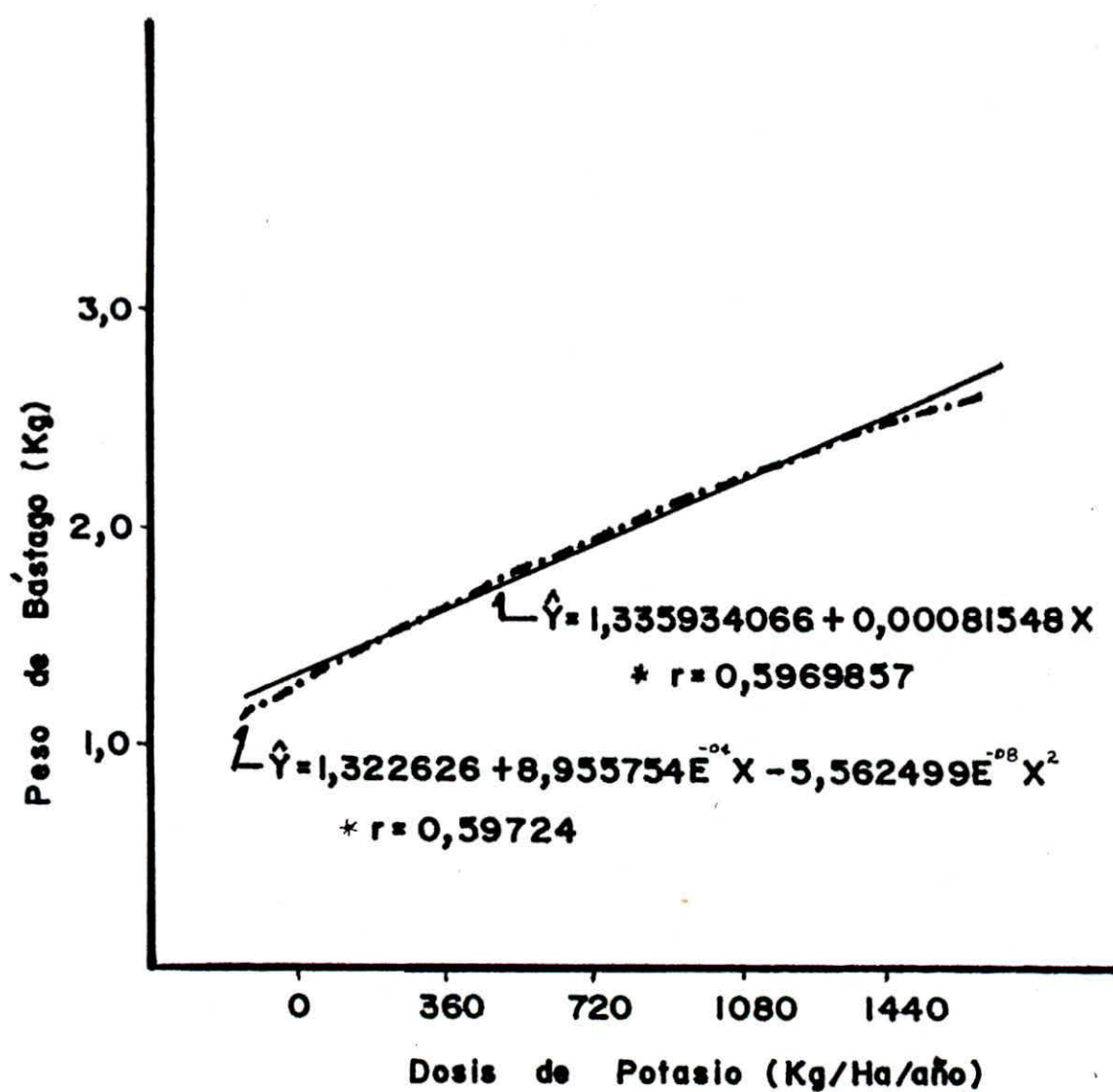


FIGURA 10 . Representación grafica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de potasio Vs. peso de bástago.

colgado el racimo en la planta, sino el calibre que tenían los dedos (Tabla 13 y Anexo 5). Varios autores como Herrera (12), López (23) y López y Arias (22), concuerdan con los resultados de este experimento para este parámetro ya que ellos en sus estudios no encontraron diferencia significativa entre tratamientos.

El mejor tratamiento fue el 10 con 45,5 grados, siguiendo los tratamientos siete y cinco con 44,75 grados cada uno.

4.1.5. Número de hojas. Los resultados para número de hojas por planta se muestran en la Tabla 14, presentando el tratamiento 13 un promedio de 15,25 hojas, el tratamiento 10 promedio de 14,0 hojas, el tratamiento ocho produjo 13,25 hojas, los tratamientos cinco y siete se presentan con 11,75 hojas cada uno y el tratamiento tres y 12 con 11,5 hojas cada tratamiento.

Se presentó diferencia significativa al 1% para tratamientos cuando se realizó el análisis de varianza para número de hojas, y diferencia significativa al 5% para bloques, esto es debido seguramente a algún factor externo que influyó sobre el bloque cuatro que presentó el mayor número de hojas con 152 hojas (Anexo 6).

Para Hernández et al (11), la aplicación de potasio al

TABLA 13. Calibre (grados) de las racimas en el ensayo de fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de banana.

TRATA MIENTOS	DOSIS FERTILIZANTE kg/ha/año			B L O Q U E S				TOTAL	$\bar{X}$
	N	P	K	I	II	III	IV		
1	0	0	0	43,00	43,00	44,00	40,00	170,00	42,50
2	0	45	720	43,00	44,00	43,00	43,00	173,00	43,25
3	0	45	1440	45,00	45,00	44,00	44,00	178,00	44,50
4	207	45	360	44,00	44,00	45,00	45,00	178,00	44,50
5	207	45	1080	43,00	46,00	45,00	45,00	179,00	44,75
6	414	45	0	44,00	45,00	44,00	44,00	177,00	44,25
7	414	45	720	45,00	44,00	45,00	45,00	179,00	44,75
8	414	45	1440	43,00	43,00	44,00	43,00	174,00	43,50
9	621	45	360	45,00	46,00	43,00	44,00	177,00	44,25
10	621	45	1080	44,00	44,00	47,00	47,00	182,00	45,50
11	828	45	0	42,00	46,00	44,00	44,00	176,00	44,00
12	828	45	720	45,00	44,00	47,00	47,00	183,00	45,75
13	828	45	1440	45,00	45,00	44,00	44,00	178,00	44,50
TOTAL				571,00	579,00	579,00	575,00		44,50

TABLA 14. Número de hojas del ensayo de fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de banana.

TRATA NIENTOS	DOSIS FERTILIZANTE kg/ha/año			B L O C U E S				TOTAL	$\bar{X}$
	N	P	K	I	II	III	IV		
1	0	0	0	10,50	10,00	8,50	11,00	40,00	10,00
2	0	45	720	10,50	10,50	11,00	12,00	44,00	11,00
3	0	45	1440	11,00	10,50	12,50	12,00	46,00	11,50
4	207	45	360	10,00	9,50	12,50	12,00	44,00	11,00
5	207	45	1080	10,50	12,00	11,50	13,00	47,00	11,75
6	414	45	0	11,00	10,50	11,00	11,50	44,00	11,00
7	414	45	720	12,50	12,00	10,50	12,00	47,00	11,75
8	414	45	1440	14,50	12,50	12,50	13,50	53,00	13,25
9	621	45	360	9,50	10,50	10,00	10,00	40,00	10,00
10	621	45	1080	14,50	12,50	13,50	15,50	56,00	14,00
11	828	45	0	9,50	10,50	11,00	12,00	43,00	10,75
12	828	45	720	12,50	11,00	9,50	13,00	46,00	11,50
13	828	45	1440	16,50	13,50	16,50	14,50	61,00	15,25
TOTAL				153,00	145,50	150,50	162,00		11,75



suelo produce un efecto notable sobre el desarrollo de la planta afectando positivamente el área foliar, Lohav y Turner (20), citando a Murray en un experimento en el cual se utilizó arena como sustrato encontró que en condiciones de deficiencias de nitrógeno la tasa de producción de hojas se redujo en más de la mitad. Todo lo anterior concuerda con lo escrito en los resultados para el parámetro número de hojas, notándose que donde se hicieron las más altas combinaciones de N y K se presentaron los mayores números de hojas. En la correlación potasio aplicado Vs. número de hojas se presentó una significancia positiva al 5% para la regresión lineal y cuadrática (Figura 11). Lo que concuerda con Garita (10), quien encontró respuesta lineal a la aplicación de potasio al suelo, contra número de hojas. Al correlacionar nitrógeno aplicado Vs. número de hojas, sólo presentó significancia al 5% para la regresión cuadrática y no para la lineal (Figura 12).

4.1.6. Grosor de pseudotallo. Este parámetro se muestra en la Tabla 15, el tratamiento que mejor se comportó fue el tratamiento 13 con 49,25 cm de grosor, siguiendo el tratamiento ocho con 44,52 cm, el tratamiento 10 con 42,12 cm, el 12 con 36,7 y el siete con 35,45 cm; los restantes tratamientos están por debajo de estas medidas.

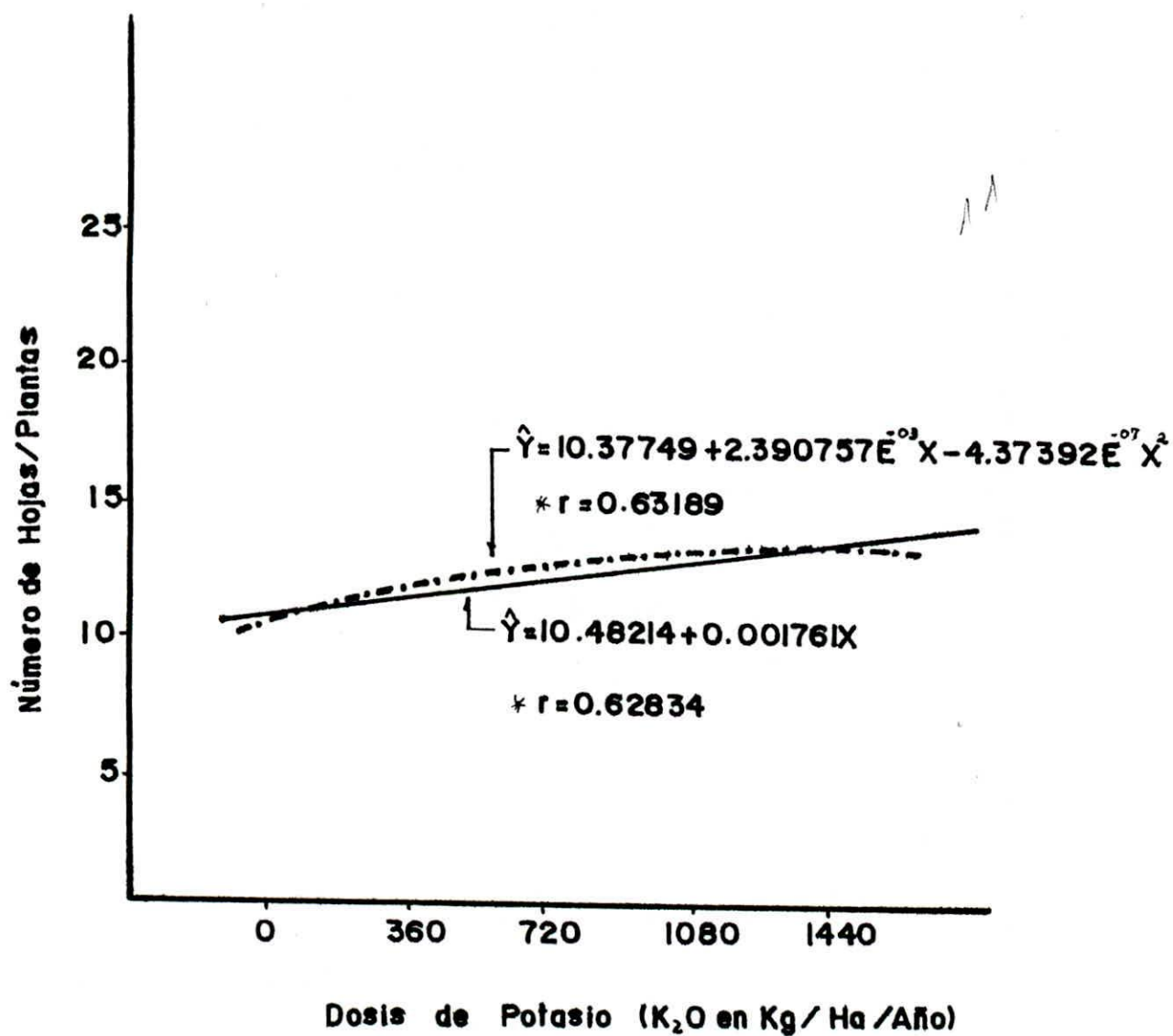


FIGURA 11. Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de potasio Vs. número de hojas.

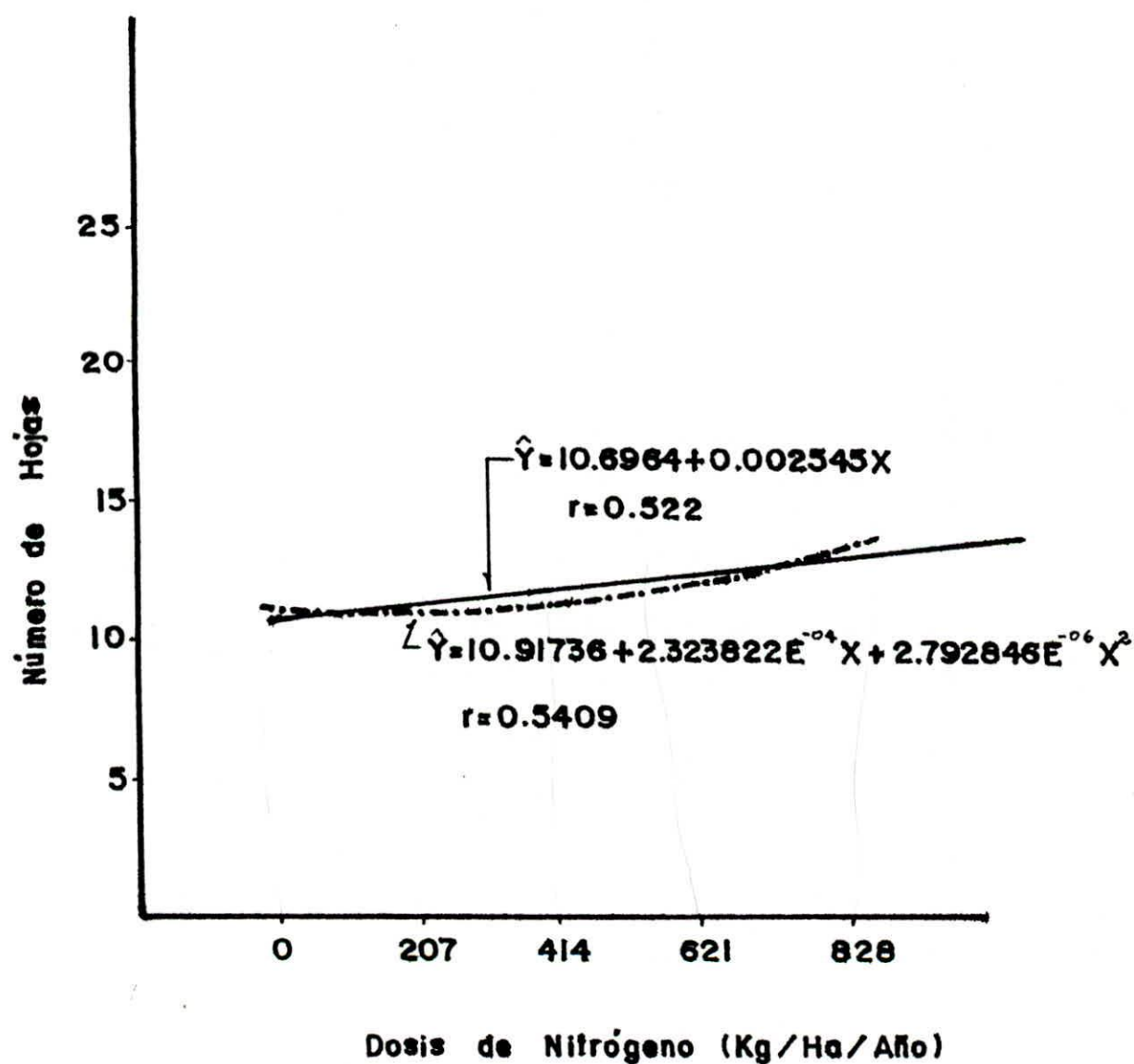


FIGURA 12. Representación grafica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de nitrógeno Vs. número de hojas.

TABLA 15. Grasar del pseudotallo en cm en el ensayo de fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de banana.

TRATA WIENTOS	DOSIS FERTILIZANTE kg/ha/año			B L O Q U E S				TOTAL	$\bar{X}$
	N	P	K	I	II	III	IV		
1	0	0	0	23,50	20,00	22,00	28,50	94,00	23,50
2	0	45	720	26,10	25,20	28,10	30,30	109,70	27,42
3	0	45	1440	30,50	26,30	33,60	29,80	120,20	30,05
4	207	45	360	31,20	31,10	27,20	27,00	116,50	29,12
5	207	45	1080	32,80	36,60	28,50	30,50	128,40	32,10
6	414	45	0	26,50	27,50	25,10	27,10	106,20	26,55
7	414	45	720	32,20	38,40	35,30	35,90	141,80	35,45
8	414	45	1440	42,50	48,50	39,30	47,80	178,10	44,52
9	621	45	360	30,20	33,10	32,50	34,70	130,50	32,62
10	621	45	1080	40,50	41,80	43,50	42,70	168,50	42,12
11	828	45	0	29,80	29,70	35,50	33,40	128,40	32,10
12	828	45	720	38,20	37,10	36,50	35,00	146,80	36,70
13	828	45	1440	54,10	48,30	48,20	46,40	197,00	49,25
TOTAL				438,10	443,60	435,30	449,10		33,96

El mayor grosor de pseudotallo se presentó en aquellos tratamientos a los que se les aplicó la dosis más alta de fertilizantes, por lo que se puede deducir, que tanto el nitrógeno como el potasio influyen altamente en el grueso del pseudotallo, esto es reafirmado por S.F. Duplessis (7), en cuya investigación reporta la influencia del potasio en el incremento del grosor del pseudotallo, pero sólomente se presentará un grosor adecuado en presencia de nitrógeno y fósforo adecuadamente.

En el análisis de varianza se presenta significancia al 1% entre tratamientos y no se presenta entre bloques (Anexo 7). En el análisis de regresión para las ecuaciones lineal y cuadrática, el grosor del pseudotallo correlaciona en forma altamente significativa al (1%) cuando se comparó con los parámetros dosis de nitrógeno, nitrógeno foliar y potasio foliar (Figuras 13-15) y fue significativo al 5% al compararse con potasio aplicado (Figura 16). Esto concuerda con lo expuesto por Garita (10), quien encontró respuesta lineal positiva a la aplicación de potasio al suelo, para las variables altura y grosor de pseudotallo.

Las plantas con baja o sin ninguna aplicación de K<sub>2</sub>O presentaron los pseudotallos más delgados, confirmando



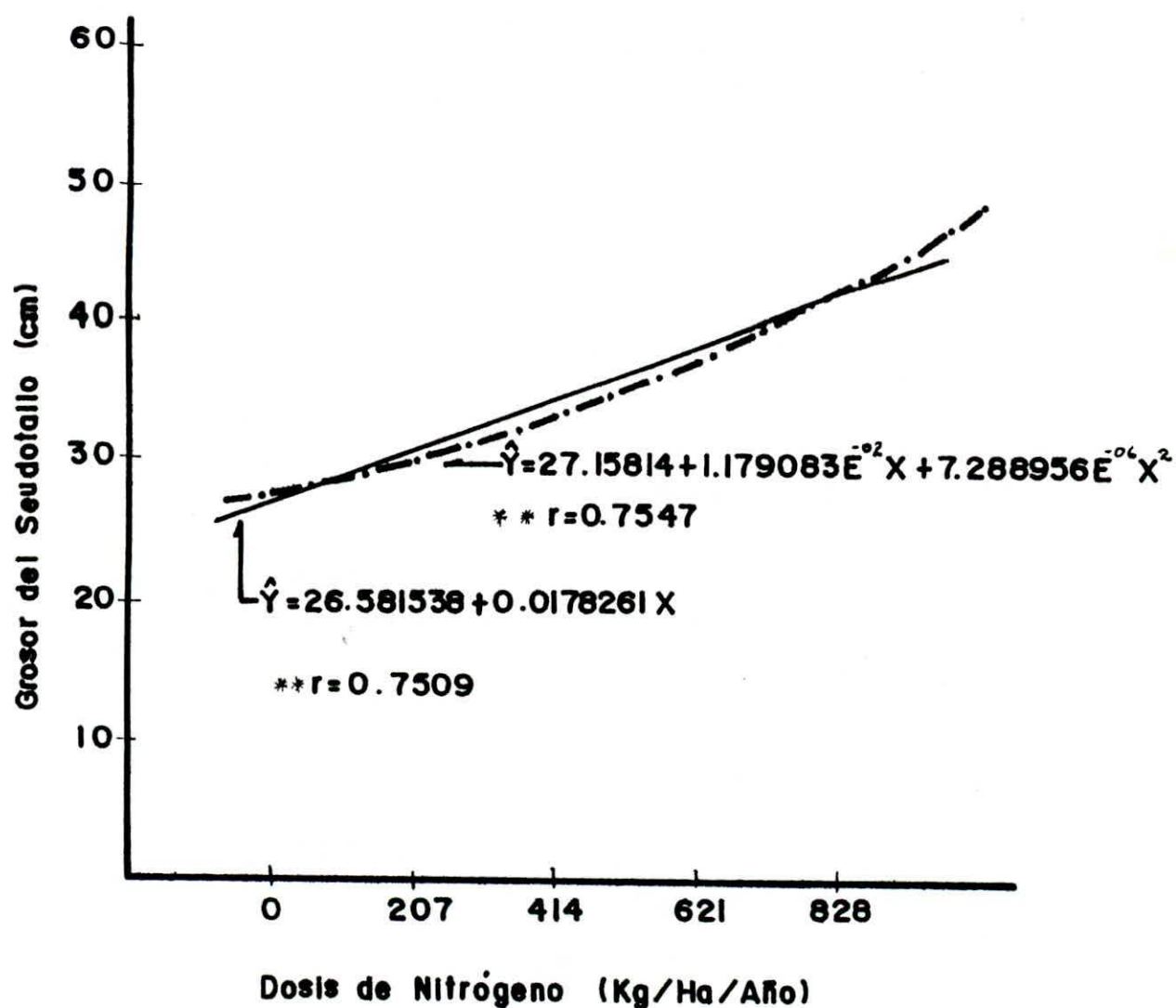


FIGURA 13. Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de nitrógeno Vs. grosor del pseudotallo.

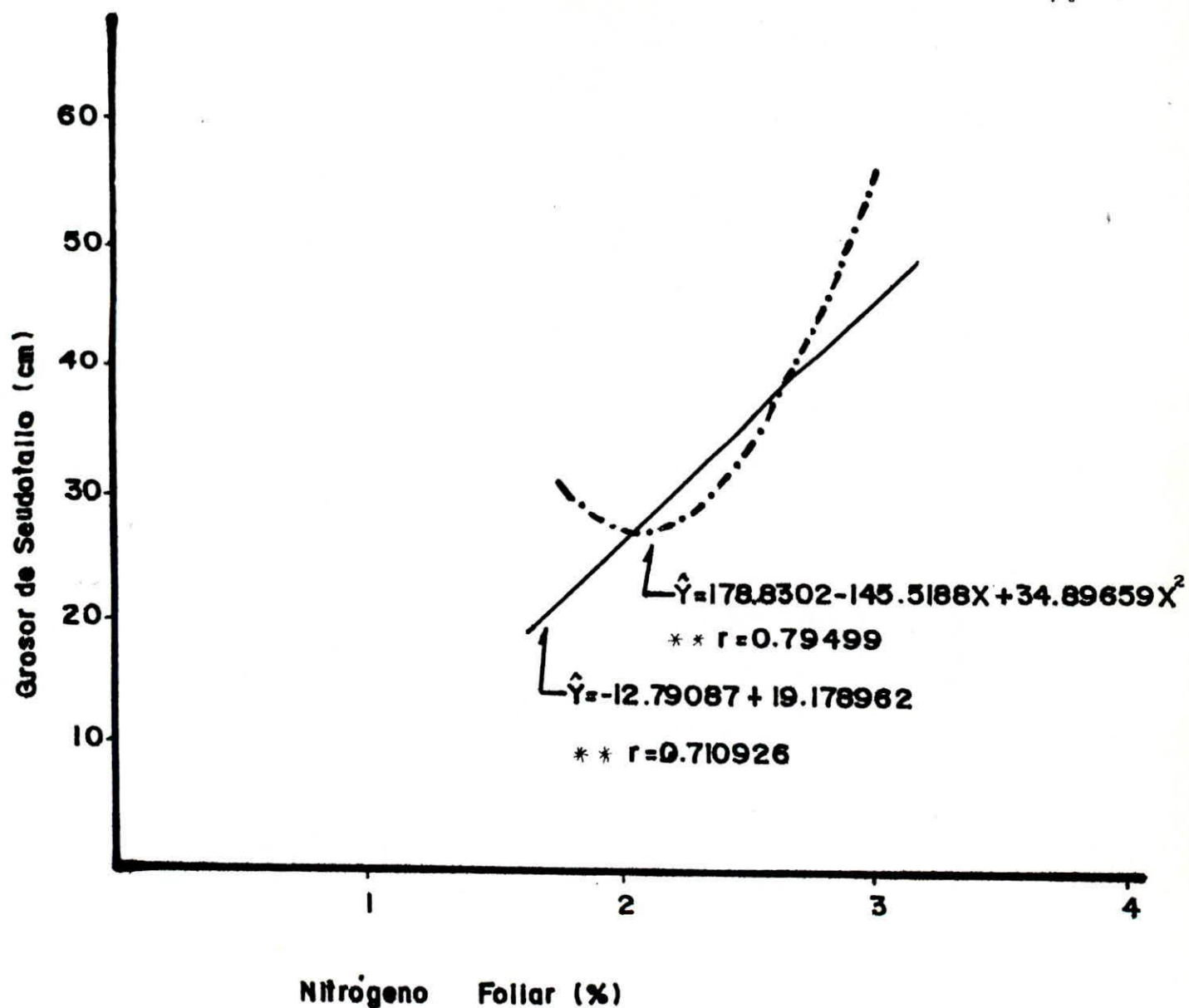


FIGURA 14. Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables nitrógeno foliar Vs. grosor del pseudotallo.

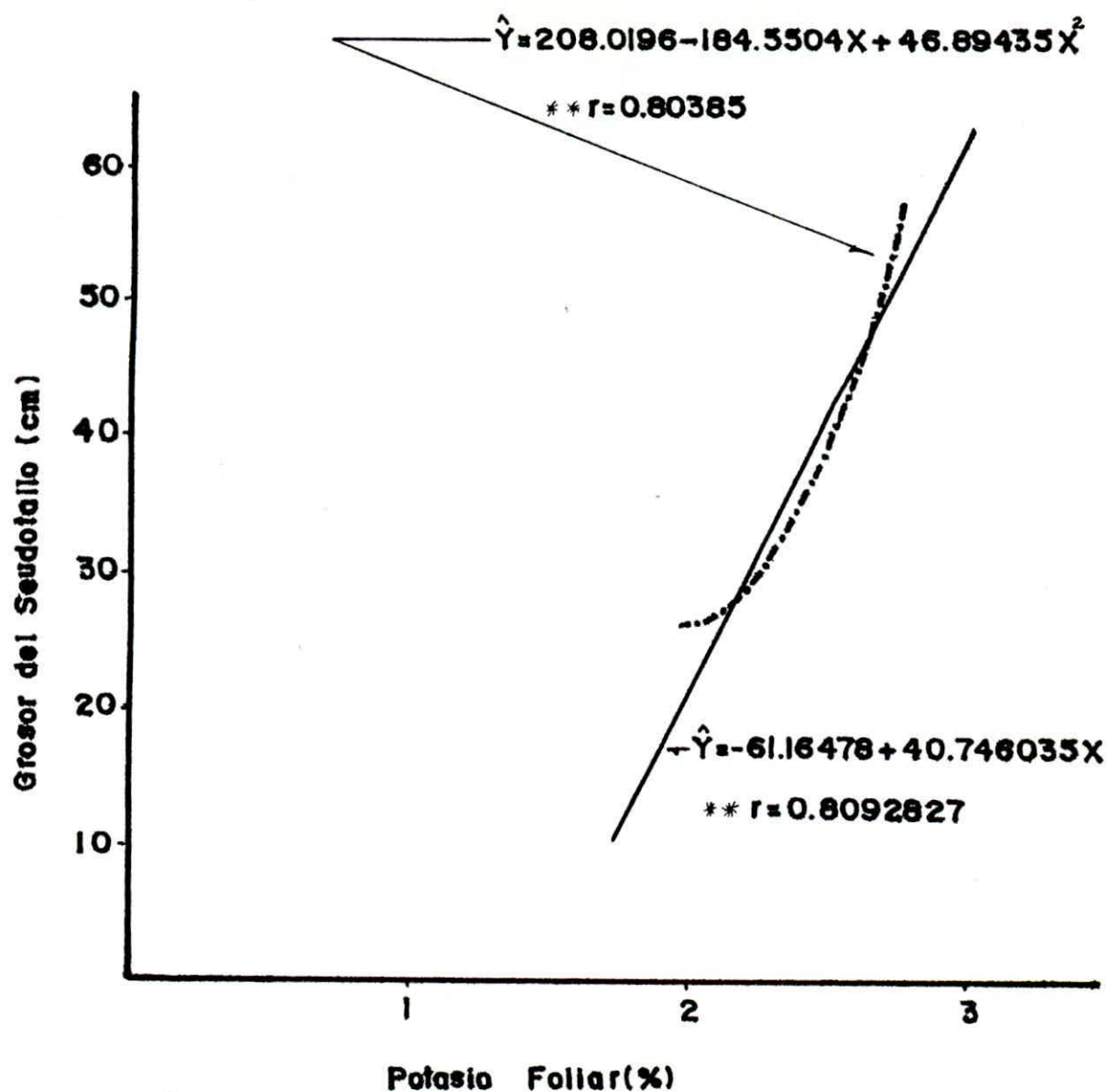


FIGURA 15. Representacion grafica de las regresiones lineal y cuadratica para las variables potasio foliar Vs. grosor del pseudotallo.

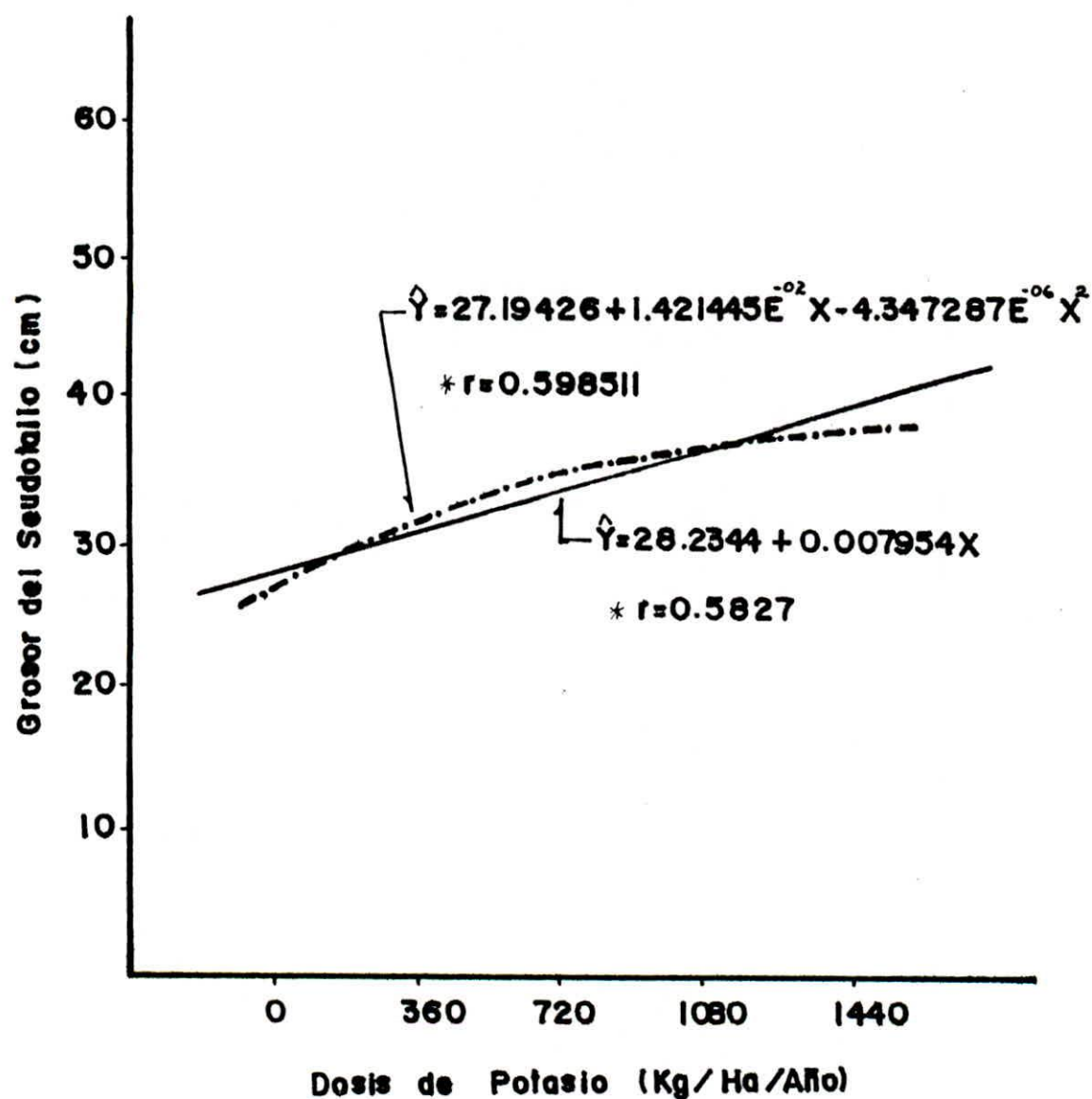


FIGURA 16. Representación grafica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de potasio Vs. grosor del pseudotallo.

lo expresado por Lahav (20) y Garita (10), quienes sostienen que plantas mejor nutridas con potasio, presentan mayor grosor de pseudotallo que aquellas con problemas nutricionales.

#### 4.2. RESULTADOS DE LABORATORIO

4.2.1. Análisis de suelo. El análisis de suelo al inicio del ensayo se muestra en la Tabla 16. Se puede observar claramente que el lote presentó un contenido pobre en nutrientes y más aún si se tienen en cuenta las altas exigencias del cultivo de banano en la absorción de elementos como potasio y nitrógeno.

En el suelo (0-20 cm) se encontraron 0,09 meq de K/100 g de suelo y en el subsuelo (20-40 cm) se determinó 0,11 meq de K/100 g de suelo; para nitrógeno en el suelo se encontraron 0,09% y en el subsuelo 0,08% de nitrógeno total. Estos contenidos se consideran demasiado bajos teniendo en cuenta que el banano extrae aproximadamente según Twiford y Walmsley citados por Lahav y Turner (20) alrededor de 1.500 kg de K/Ha/año y de nitrógeno alrededor de 150 kg para obtener 50 ton/Ha/año de fruta. De esto se puede asumir que solamente el suelo le está aportando al cultivo según el análisis de suelo un 6% del



TABLA 16. Analisis de suelo al inicio del ensayo de fertilizacion con nitrogeno y potasio en el cultivo de banana.

MUESTRA	TEXTURA	pH	N <sub>T</sub> %	mg/100 gr de suelo					P		C.E. mmhos/cm
				K	Ca	Mg	Na	C.I.C.	ppm B II		
Suelo 0-20 cm	ArA	5,1	0,09	0,09	7,1	1,89	0,5	9,58	28,3		0,55
Subsuelo 20-40 cm	ArA	5,2	0,08	0,11	7,1	1,92	0,5	9,63	28,1		0,55

requerimiento de potasio a la plantación, de nitrógeno se esta aportando un 30% del total requerido por el cultivo, a esto se debe la gran respuesta que presentó el cultivo a la fertilización nitrogenada y potásica.

Las bajas cantidades de K, N, Ca, Mg y el bajo nivel de pH en suelo se pueden atribuir a que el lote se sometió por largos periodos al cultivo de arroz de inundación, lo que provocó una lixiviación de las bases de cambio, quedando el suelo desprovisto de ellas en un gran porcentaje, ocasionando con esto un descenso de pH.

Al final del ensayo de fertilización el análisis de suelo arrojó los resultados mostrados en la Tabla 17, se puede notar que los tratamiento a los cuales se les aplicó las mayores dosis de nitrógeno y potasio, presentaron un incremento en el contenido de estos elementos en el suelo.

El potasio tuvo su mayor valor en el tratamiento tres, pasando de 0,09 a 0,35 meq de K/100 g, seguido de los tratamientos 13 con 0,33 meq de K/100 g y 0,23 meq de K/100 g para los tratamientos 10 y 8.

En cuanto a nitrógeno total los tratamientos 13, 11 y 10

TABLA 17. Analisis de suelo al final del ensayo de fertilizacion con nitrogeno y potasio en el cultivo de banana.

TRATA NIENTOS	TEXTURA	pH	N <sub>T</sub> %	K	me/100 gr de suelo Ca	Mg	Na	P ppm B II	C.E. μmhos/cm	C.I.C. Effect.
1	ArA	4,8	0,115	0,10	6,95	2,5	0,17	29,8	0,80	9,72
2	ArA	4,6	0,110	0,20	9,8	2,5	0,26	32,0	1,00	12,76
3	ArA	4,2	0,112	0,35	5,9	2,1	0,22	22,3	0,60	8,57
4	ArA	4,7	0,127	0,18	6,4	2,5	0,26	37,4	0,86	9,34
5	ArA	4,5	0,128	0,21	6,9	2,6	0,22	25,3	0,80	9,93
6	ArA	4,3	0,133	0,15	7,7	3,0	0,17	16,2	0,80	11,02
7	ArA	4,4	0,135	0,22	7,8	1,5	0,17	32,0	0,62	9,69
8	ArA	4,3	0,140	0,23	7,5	3,0	0,17	16,2	1,00	10,90
9	ArA	4,8	0,129	0,17	7,2	2,5	0,26	16,2	0,82	10,13
10	ArA	4,7	0,168	0,23	7,5	2,9	0,26	16,2	0,92	10,89
11	ArA	4,6	0,170	0,15	9,5	1,5	0,26	26,8	0,81	11,41
12	ArA	4,4	0,154	0,22	7,1	3,5	0,26	37,4	0,76	11,08
13	ArA	4,2	0,178	0,33	6,4	3,1	0,26	28,3	0,86	10,09

presentaron los mayores contenidos en el suelo con 0,178%; 0,170% y 0,168% respectivamente.

Los niveles de nitrógeno y potasio encontrados en estos suelos están por debajo de los niveles críticos establecidos tentativamente por la United Fruit Co. (37), los cuales son para N de 1,0 a 1,5%, K de 0,5 a 0,65 meq/100 g, P de 5 a 10 ppm, Mg de 1,5 a 2,0 meq/100 g y Ca de 15 a 20 meq/100 g.

El Ca en el suelo también está por debajo de los niveles críticos enunciados anteriormente, mientras que el Mg y el P están por encima de estos valores.

El pH presentó un leve descenso en general, siendo más notorio en los tratamientos en los que se usaron las mayores dosis del sulfato de amonio y el sulfato de potasio. Aún cuando el pH fue bajo con promedio aproximado de 4,6, esto no parece ser una limitante para el cultivo de banano, pues según Lahav y Turner (20), este cultivo resiste pH extremos entre 3,5 a 9,0 lo cual fue comprobado por Godefroy et al, citados por Lahav y Turner (20), en un ensayo donde aplicaron cal al suelo, pasando el pH de 3,5 a 6,7 sin que se presentara un incremento en la producción durante tres ciclos

consecutivos, los mismos autores citaron a Rodríguez et al, quienes trabajando en unos suelos (Ultisoles y Oxisoles) en Puerto Rico, no consiguieron un incremento en rendimiento significativo en un pH de 3,5 a 6,0. De lo anterior podemos ratificar que el banano es tolerante a un gran rango de pH.

El nitrógeno total en el suelo, correlacionó positiva y significativamente al 1% cuando se relacionó con el parámetro nitrógeno foliar, para las regresiones lineal y cuadrática (Figura 17), y correlacionó positiva y significativamente al 5% para la regresión lineal y al 1% para la cuadrática al comparar potasio del suelo contra potasio foliar (Figura 18).

Las relaciones entre Ca, Mg y K, se encuentran consignadas en la Tabla 18. La relación Ca/Mg, según López (24), debe estar entre 3,5 a 4,0; teniendo en cuenta este dato, solamente se presentó en el ensayo una relación equilibrada entre estos dos elementos en el tratamiento dos con 3,92 para esta relación. Los tratamientos 7 y 11 están por encima, debido a la deficiencia de Magnesio en estos tratamientos, y el resto de los tratamientos se encuentran por debajo de los valores establecidos por López para esta relación. Sin



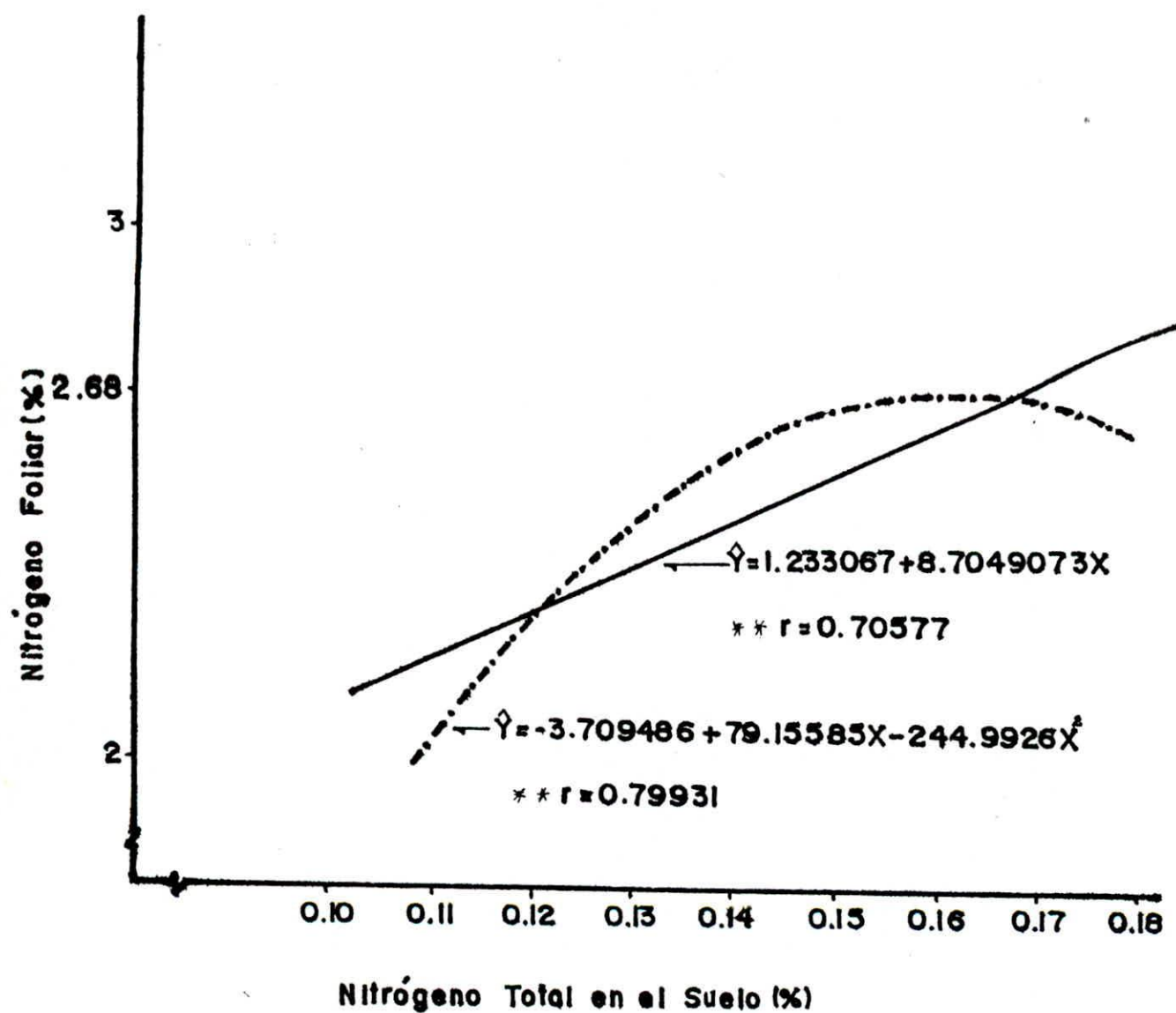


FIGURA 17. Representacion grafica de las regresiones lineal y cuadratica para las variables nitrogeno del suelo Vs. nitrogeno foliar.

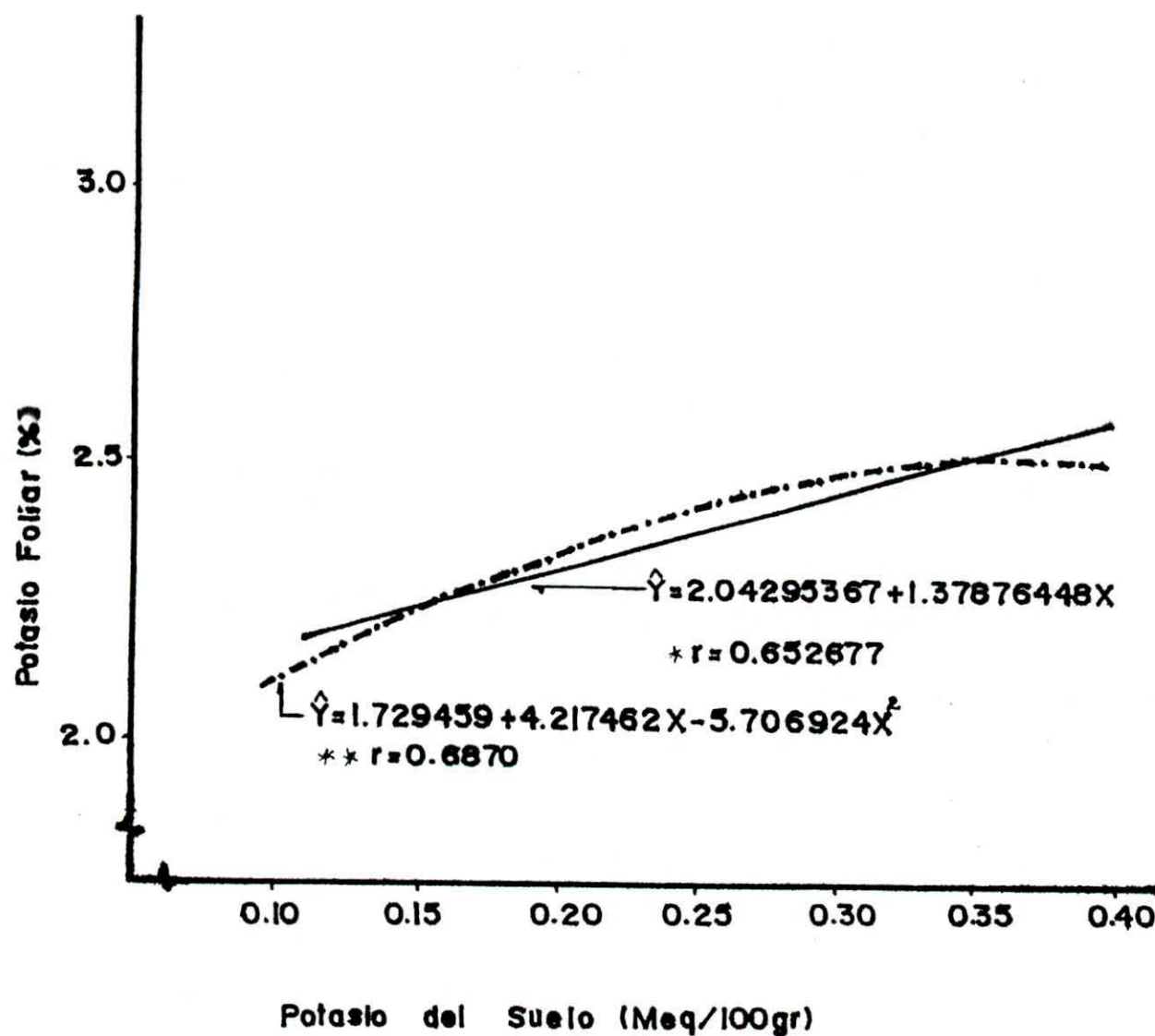


FIGURA 18. Representación grafica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables potasio del suelo Vs. potasio foliar.

TABLA 18. Relaciones K, Ca y Mg, en el suelo al final del ensayo de fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de banana.

TRATAMIENTOS	Ca/Mg	(Ca+Mg)/K	Mg/K	$\frac{100K}{(Ca+Mg+K)}$	Ca/K
1	2,78	94,50	25,0	1,047	69,5
2	3,92	61,50	12,5	1,60	49,0
3	2,80	22,85	6,0	4,19	16,85
4	2,56	49,44	13,88	1,98	35,55
5	2,65	45,23	12,38	2,16	32,85
6	2,56	71,33	20,0	1,38	51,33
7	5,20	42,27	6,81	2,31	35,45
8	2,50	45,65	13,04	2,14	32,61
9	2,88	57,06	14,70	1,72	42,35
10	2,58	45,21	12,61	2,16	32,61
11	6,33	73,33	10,0	1,34	63,33
12	2,03	48,18	15,91	2,03	32,27
13	2,06	28,78	9,40	3,36	19,39

embargo para otros autores esta Relación está en un nivel adecuado.

Las relaciones  $Mg/K$ ,  $(Ca + Mg)/K$  y  $100 K/(Ca + Mg + K)$  y  $Ca/K$ , sólo se encuentran en el ámbito normal según López (24), aquellos tratamientos que presentan los niveles más altos de potasio en el suelo, lo cual corresponde sólo a los tratamientos 3 y 13 con 0,35 meq de  $K/100 g$  y 0,33 meq de  $K/100 g$  respectivamente.

4.2.2. Análisis Foliar. Al final del ensayo se realizó análisis foliar de cada tratamiento, los resultados están consignados en la Tabla 19.

El tratamiento tres a pesar de presentar el nivel más alto de potasio en el suelo (0.35 meq/100 g), mostró un bajo contenido de potasio foliar (2,3%), esto es quizás debido a la deficiencia de nitrógeno en el suelo, si se tiene en cuenta que a este tratamiento no se le aplicó nitrógeno, pero sí una alta dosis de potasio (1.440 kg de  $K_2O/Ha/año$ ), lo cual confirma que la falta de un elemento en este caso el nitrógeno, limita la asimilación de otro (potasio), es tal vez por ésta razón que el suelo presenta mayor contenido de  $K$  en todos los tratamientos, donde se aplicó dosis altas de  $K$  y ninguna o muy baja

TABLA 19. Analisis foliar del ensayo de fertilizacion con nitrogeno y potasio en el cultivo de banana.

TRATAMIENTOS	N %	P %	K %	Ca %	Mg %
1	2,03	0,196	2,20	0,70	0,27
2	2,30,	0,196	2,25	0,80	0,25
3	1,88	0,176	2,30	0,60	0,19
4	2,32	0,150	2,30	0,60	0,23
5	2,23	0,176	2,35	0,75	0,18
6	2,50	0,196	2,25	0,70	0,23
7	2,55	0,210	2,35	0,75	0,22
8	2,49	0,196	2,45	0,80	0,23
9	2,73	0,196	2,30	0,60	0,22
10	2,72	0,196	2,40	0,70	0,20
11	2,45	0,138	2,07	0,80	0,23
12	2,75	0,196	2,43	0,75	0,21
13	2,71	0,196	2,70	0,85	0,21



dosis de nitrógeno, ya que las plantas no asimilaron en mayor grado el K aplicado al suelo.

El mayor porcentaje de potasio foliar se encontró en el tratamiento 13 con 2.7%, nivel considerado adecuado según Hewitt (13), Murray (27) y Rodríguez Gómez citado por Soto (34), este último considera el nivel crítico entre 2,54 y 2,75% de potasio foliar; mientras que para AUGURA - CENIBANANO citada por Rosero (32), el nivel de potasio foliar encontrado en el ensayo (2,7%), para el tratamiento 13 es deficiente, y sostiene que el rango normal es de 3,0% lo mismo sostiene la United Fruit Co.

Los tratamientos desde el uno hasta el 12 presentaron una baja concentración de K foliar. A pesar que el tratamiento 10 presentó un buen promedio de producción (28,5 kg/racimo), el porcentaje de potasio en la hoja fue bajo (2,4%), según varios autores.

Los bajos niveles de potasio en el tejido foliar se deben quizás a factores climáticos como la precipitación, que predispone a una alta humedad en el suelo, lo cual, pudo influir en los bajos porcentajes de K en la lámina de la hoja, si se tiene en cuenta que en la gran mayoría de los casos todas las recolecciones de muestra fueron

tomadas en los meses de septiembre y octubre, meses de alta precipitación en la zona. Lo anterior ha sido confirmado por López y Arias (22), quienes sostienen que la alta precipitación y la alta humedad en el suelo afectan la disponibilidad del potasio del suelo, pues el potasio se moviliza hacia las raíces de la planta a través de lámina de agua que rodean las partículas de suelo, otros autores como Hernández et al (11), que encontró aumento del potasio foliar en los meses de menor precipitación, y Kilmer y Lesaint citado por Hernández (11), reportaron incremento de K foliar al disminuir la humedad del suelo. Turner y Barkus (35) hallaron mayor efecto estacional sobre los contenidos foliares que los causados por los tratamientos fertilizantes.

Al correlacionarse potasio aplicado al suelo Vs. potasio foliar, se encontró una correlación positiva y altamente significativa (1%) Figura 19, lo cual coincide con lo expuesto por Hernández et al (11) los cuales obtuvieron una correlación altamente significativa entre potasio foliar y las aplicaciones de K<sub>2</sub>O al suelo.

El potasio foliar Vs. producción (kg/racimo) correlacionó significativamente y positivamente al 1% Figura 20, similar a lo encontrado por Bayona (1), donde

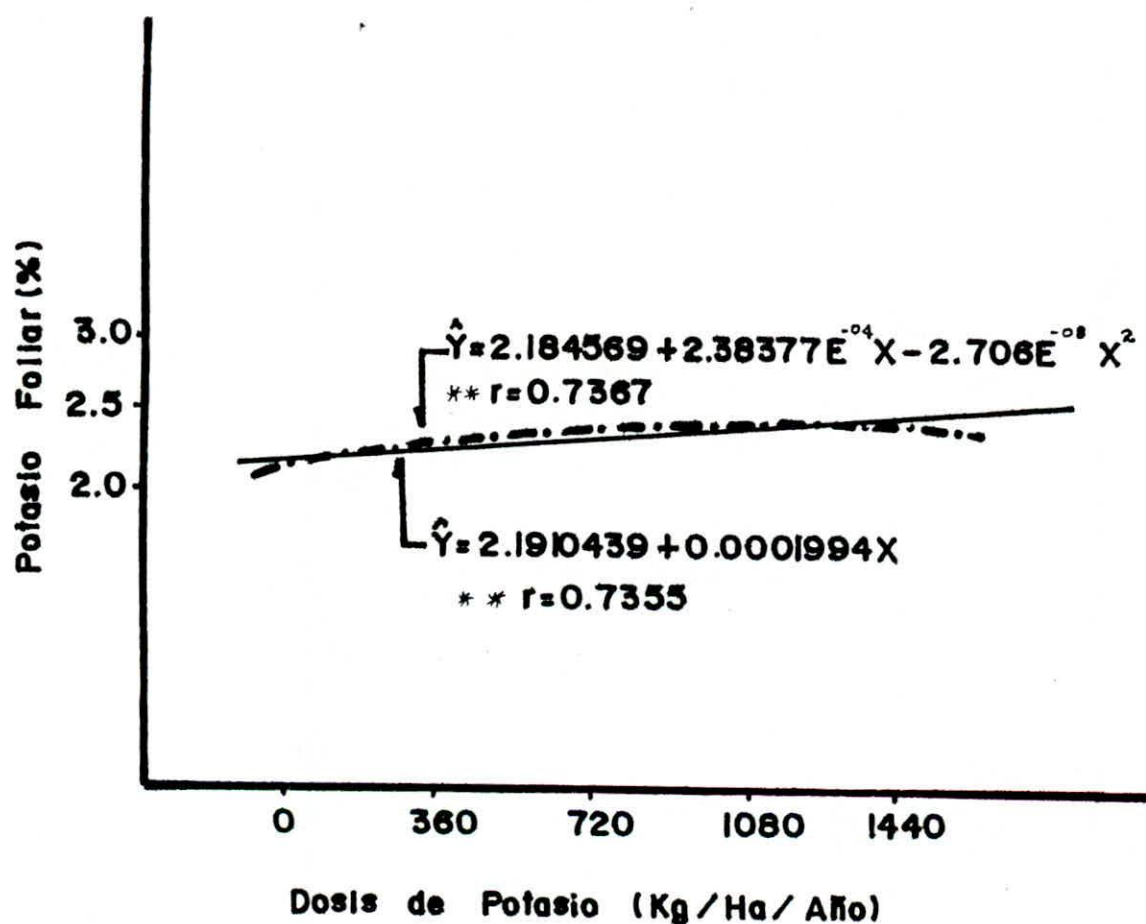


FIGURA 19. Representación grafica de las regresiones lineal y cuadratica para las variables dosis de potasio Vs. potasio foliar.

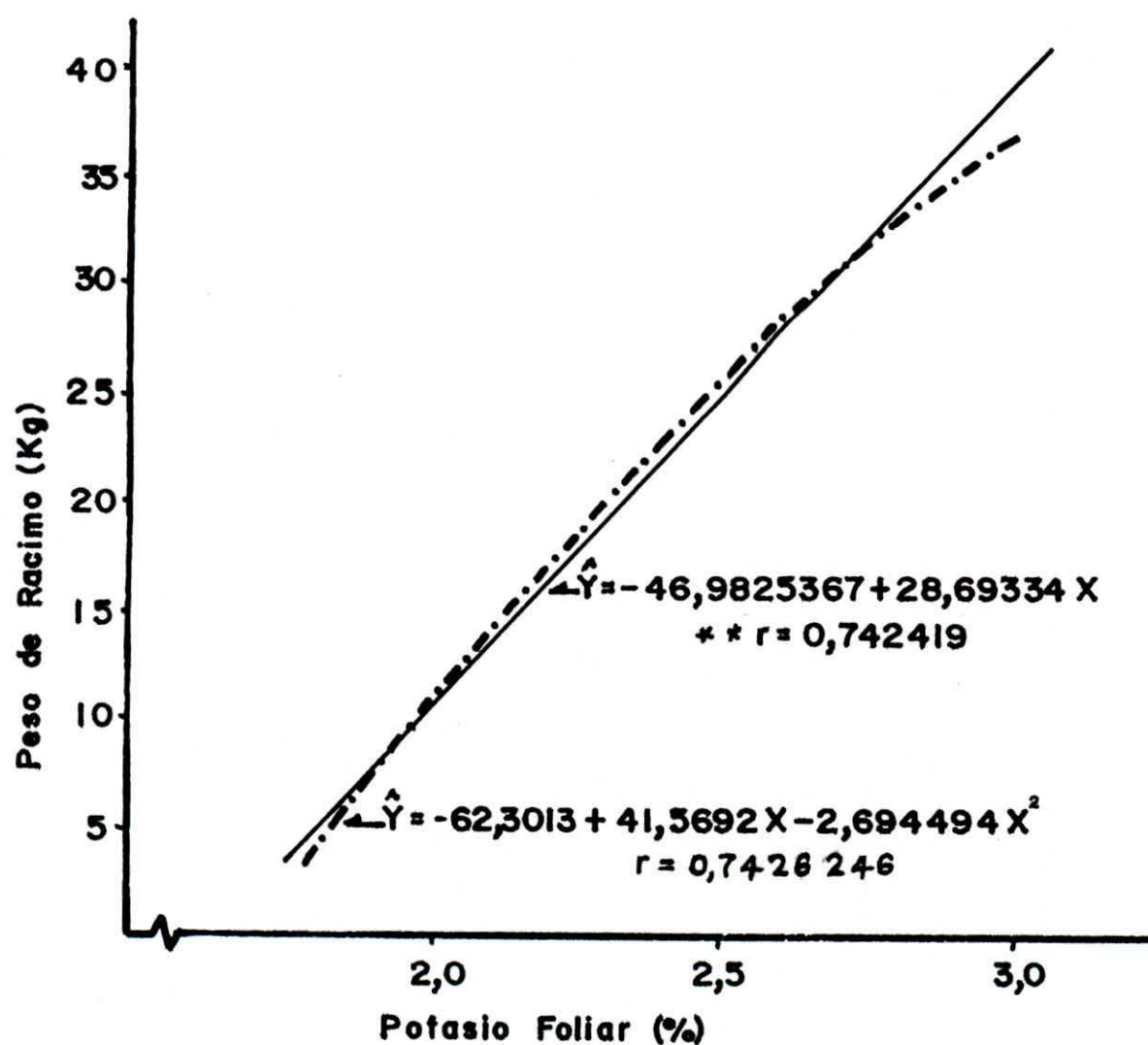


FIGURA 20. Representacion grafica de las regresiones lineal y cuadratica para las variables potasio foliar Vs. peso de racimo.

el potasio foliar mostró una correlación altamente significativa al 1%, cuando se comparó con la producción, indicando que a mayor porcentaje de potasio en la hoja, corresponde mayor producción como consecuencia de una mayor fertilización.

El Potasio Foliar al compararse con el grosor del pseudotallo y número de hoja, correlacionó en forma positiva y altamente significativa (1%) para las regresiones lineal y cuadrática, (Figuras 15 - 21), para potasio foliar Vs. peso de bástago presentó correlación positiva y significativa al 5% para ambas regresiones (Figura 22), lo mismo para potasio foliar Vs. número de manos (Figura 23). Similares resultados obtuvieron López y Arias (22), al correlacionar K foliar con las variables número de manos, grosor de pseudotallo, peso de bástago, número de hoja, a excepción de la calibración.

Los niveles de Nitrógeno en las hojas, para los tratamientos de 6 al 13 presentan un contenido entre 2,45 y 2,75% y corresponden a los tratamientos a los cuales se les aplicó las mayores dosis de nitrógeno de 414 a 828 kg/Ha/año. El tratamiento 12 presentó el mayor porcentaje de nitrógeno en el tejido foliar (2,75%), seguido de los tratamientos 9, 10 y 13 con 2.73, 2.72 y



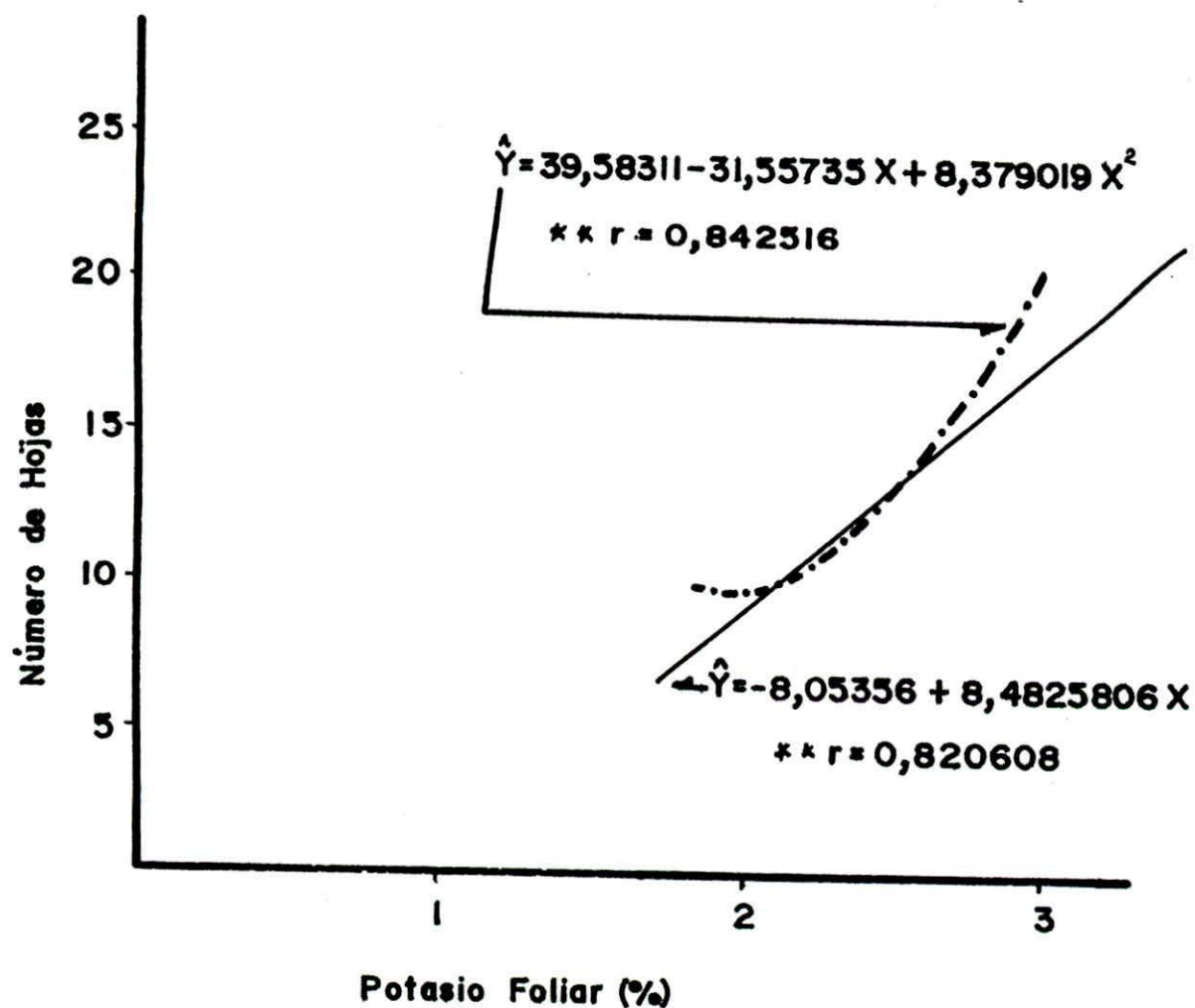


FIGURA 21. Representación grafica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables potasio foliar Vs. número de hojas.

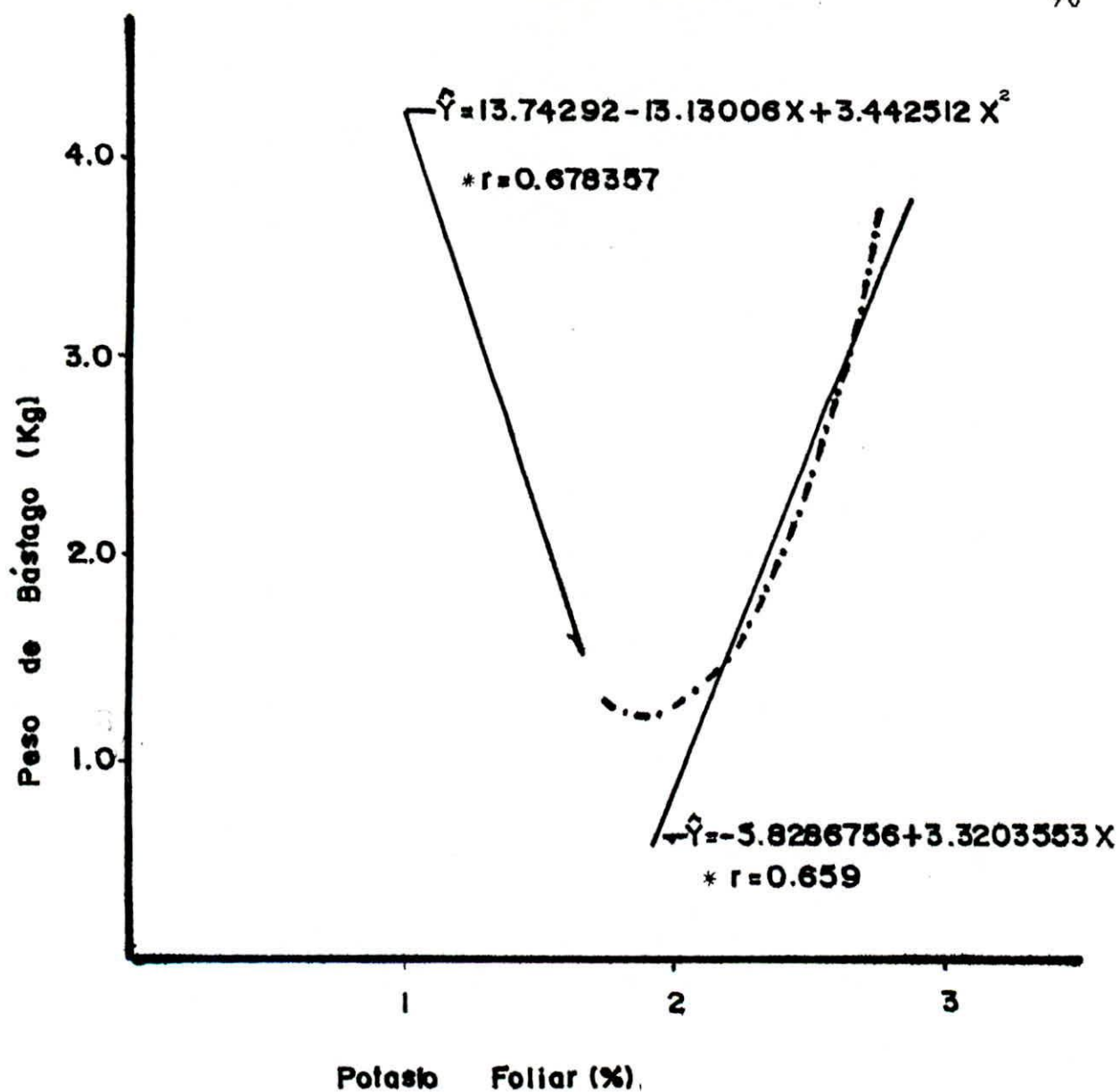


FIGURA 22. Representación gráfica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables potasio foliar Vs. peso de bástago.

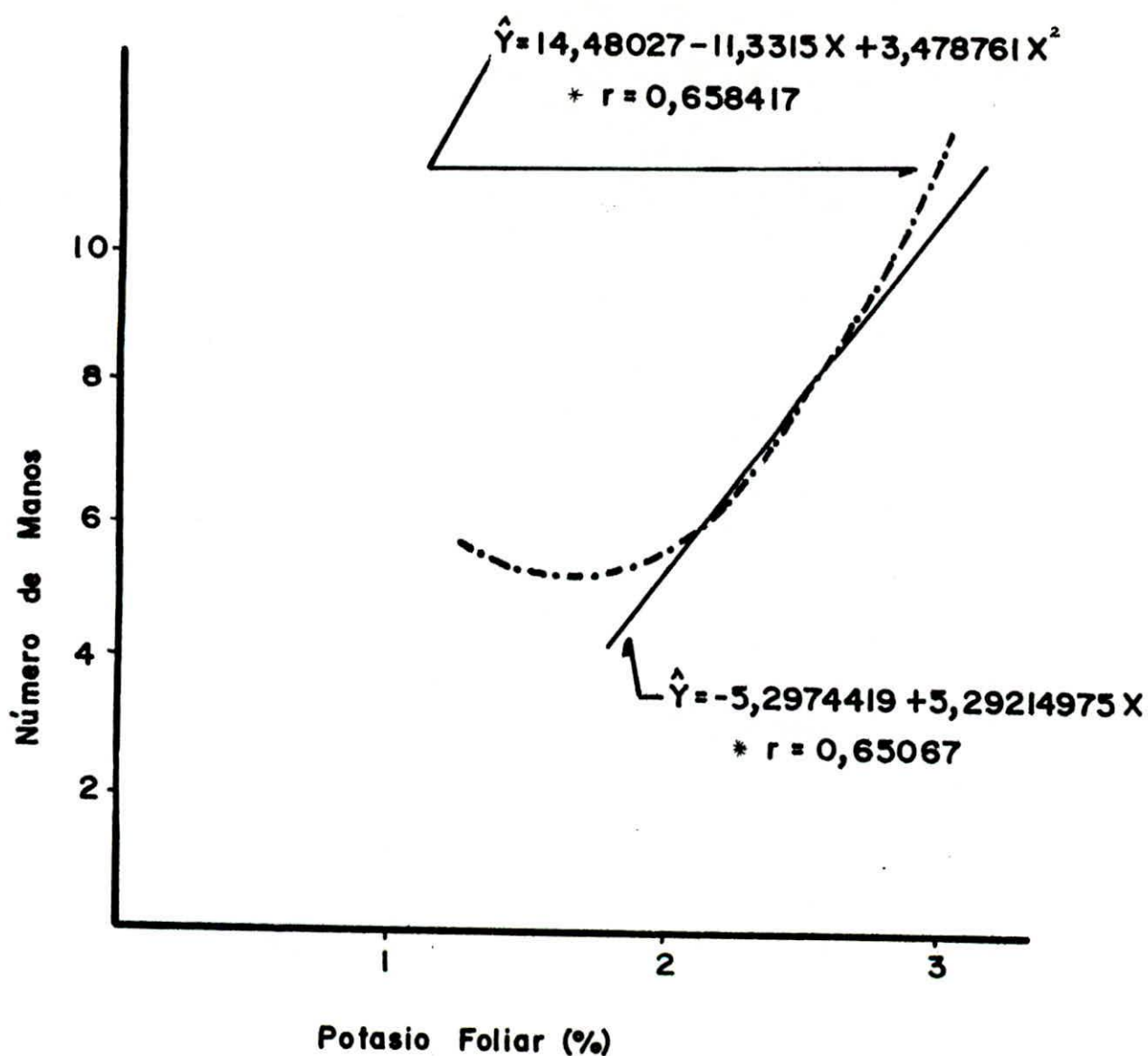


FIGURA 23. Representacion grafica de las regresiones lineal y cuadratica para las variables potasio foliar Vs. numero de manos.

2.71% respectivamente.

El tratamiento 12 a pesar de presentar la mayor concentración de nitrógeno en la hoja no le correspondió el mayor peso de la fruta, esto corrobora lo expuesto por la United Fruit Co. (37). Los que anotan que a una mayor aplicación de úrea aumentan los niveles de nitrógeno en la hoja, pero esto no corresponde a un aumento significativo en peso del racimo.

Niveles mayores de 2,4% de N foliar son adecuados para la United Fruit Co. (37) y para Rosero (32), por lo cual quedan incluidos dentro de este rango los tratamientos 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13; mientras que para Hewitt (13) y Murray (27), el nivel adecuado de nitrógeno en la hoja es de 2.6% lo cual incluiría sólo a los tratamientos 9, 10, 12, y 13.

Los resultados de los contenidos de nitrógeno foliar concuerdan con los obtenidos por Canchano (3), en la región de Guacamayal, Zona Bananera del Magdalena, región ubicada a pocos kilómetros de el sitio donde se realizó el ensayo en estudio, en la cual reporta para tratamientos sin aplicación de nitrógeno un porcentaje de nitrógeno foliar entre 2.06 a 2,12% lo que concuerda con

los tratamientos 1,2 y 3 a los cuales no se les aplicó nitrógeno reportó de 2,48 a 2,64%, resultado parecido al obtenido durante éste ensayo para los tratamientos del 6 al 13 a los cuales se les suministró el nitrógeno.

El Nitrógeno de la lámina foliar también parece ser afectado por la precipitación y la humedad del suelo, esto fue corroborado por Hernández et al (11), los cuales encontraron altos contenidos de nitrógeno foliar cuando hubo mayor precipitación, así mismo observaron elevaciones del nitrógeno en la hoja en los meses de temperatura más altas (19), lo que coincide con lo encontrado en este experimento.

En cuanto a los análisis de regresión de nitrógeno foliar tuvo significancia al 5% cuando se comparó con la producción en kg (Figura 24), esto concuerda con lo reportado por Bayona (1), quien encontró alta significancia al 1% al correlacionar estos dos parámetros.

El nitrógeno foliar correlacionó significativamente al 1% con las variables de nitrógeno aplicado, número de manos, grosor de pseudotallo, para las regresiones lineal y cuadrática (Figuras 25, 26 y 14).



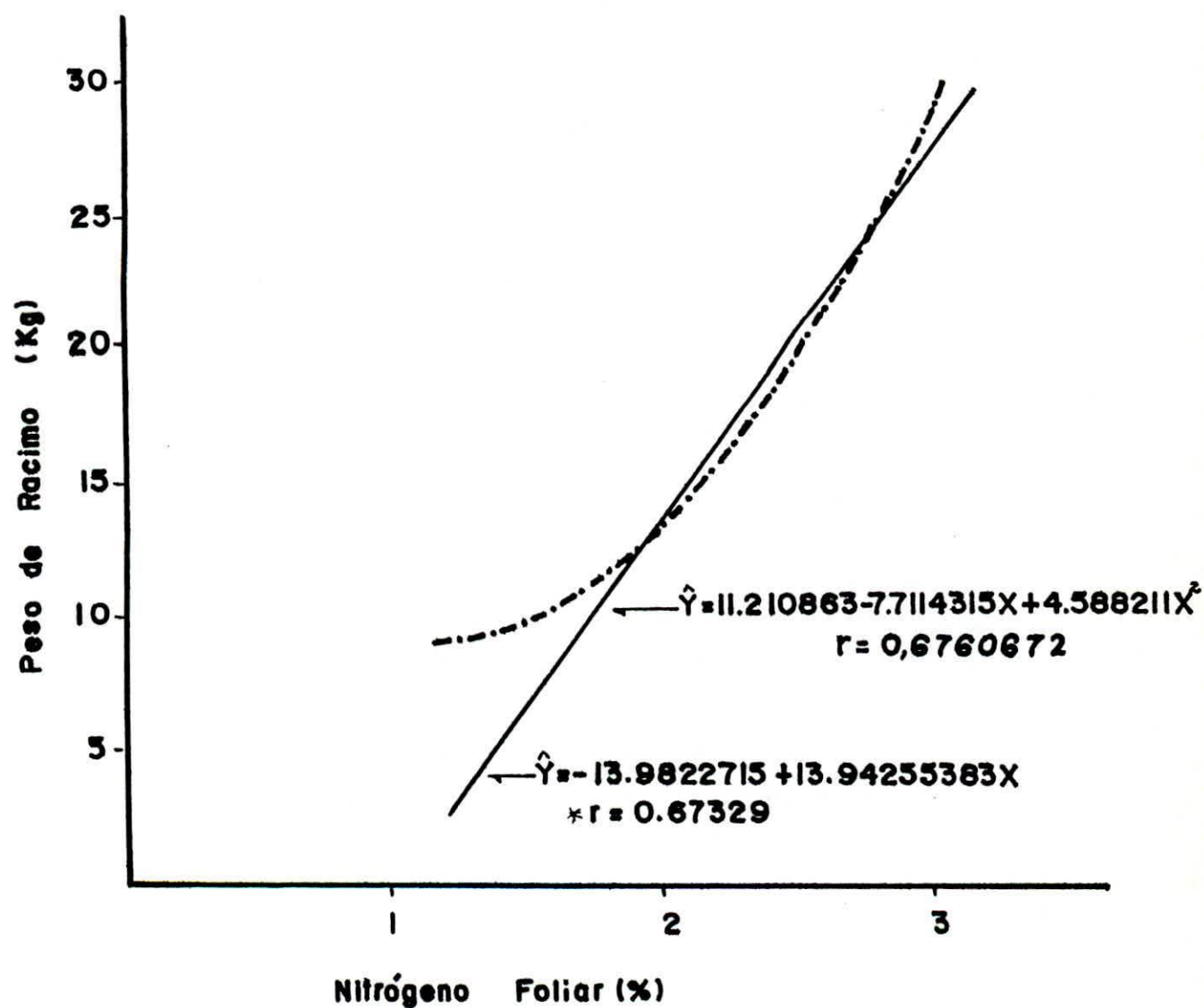


FIGURA 24. Representacion grafica de las regresiones lineal y cuadratica para las variables nitrogeno foliar Vs. peso de racimo.

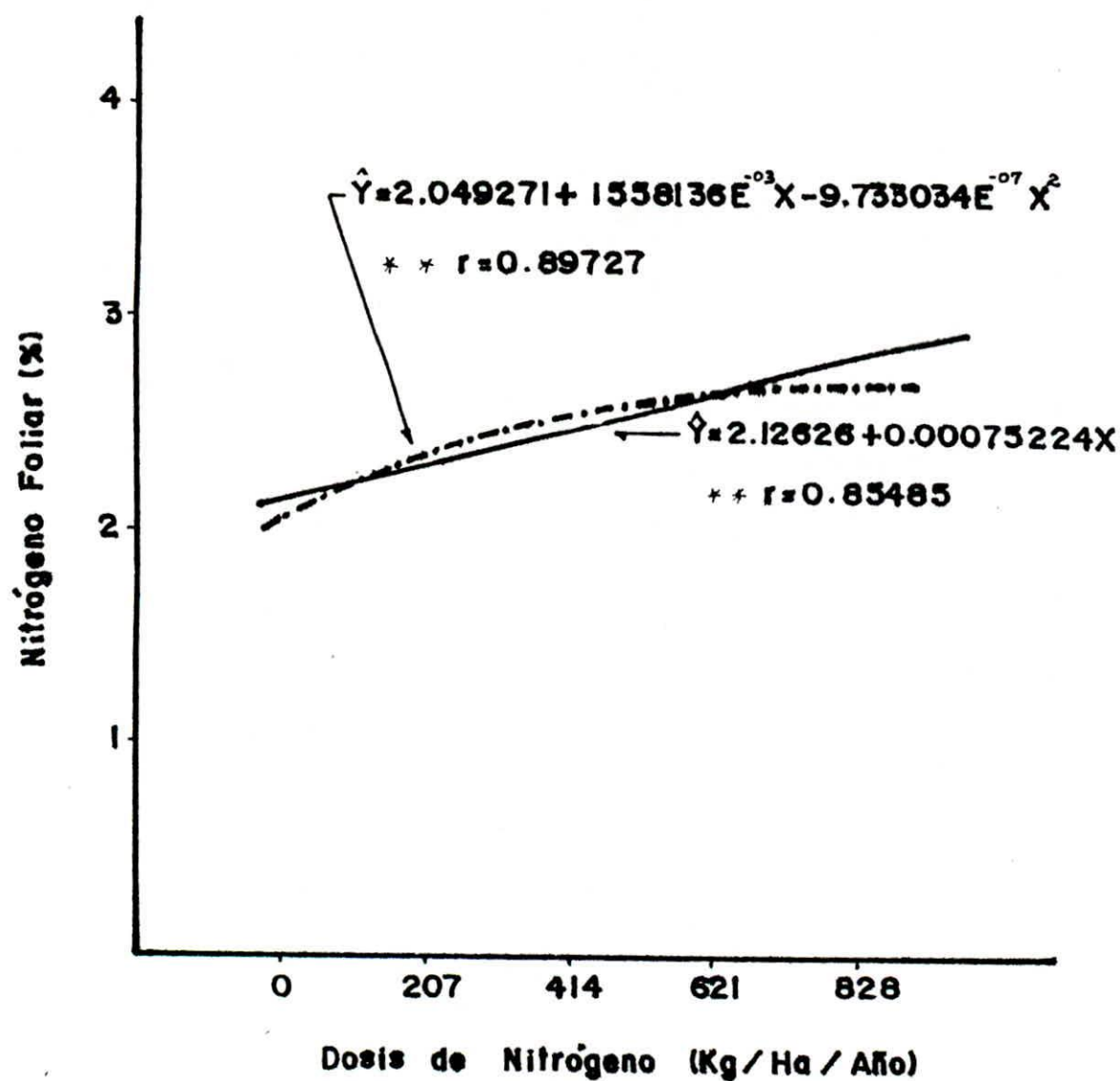


FIGURA 25. Representación grafica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de nitrógeno Vs. nitrógeno foliar.

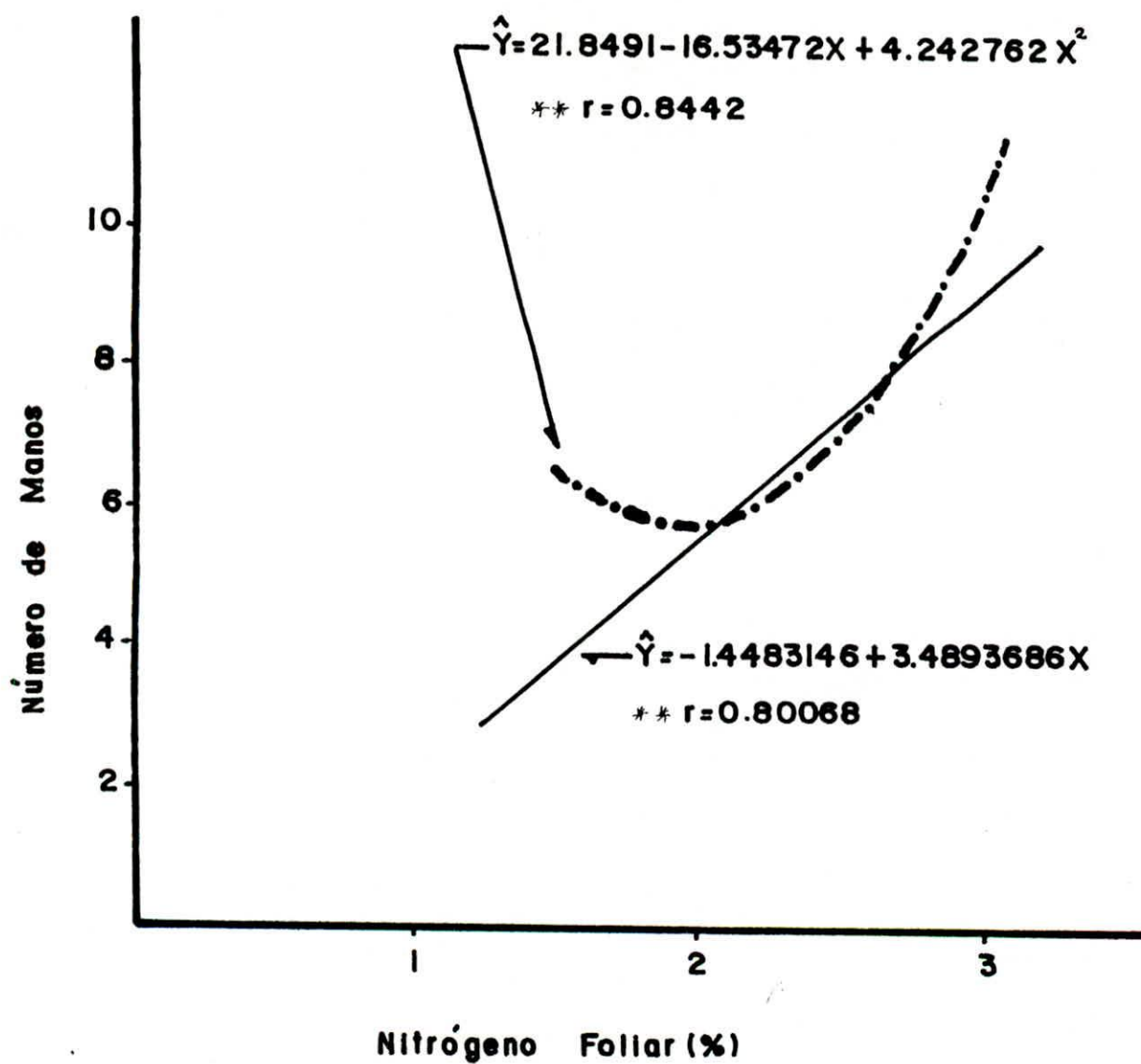


FIGURA 26. Representación grafica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables nitrógeno follor Vs. número de manos.

Para nitrógeno foliar Vs. peso de bástago se presentó una correlación significativa al 5%, para las regresiones lineal y cuadrática para el nitrógeno foliar Vs. número de hoja correlacionó al 5% solamente para la regresión cuadrática, (Figuras 27 y 28).

Los contenidos foliares de Ca y P no presentaron significancia cuando se compararon con las aplicaciones de potasio y nitrógeno al suelo, por esta razón no se discuten.

El Mg foliar correlacionó negativamente al 5% con la dosis de potasio aplicado (Figura 29), esto fué debido al antagonismo existente entre estos dos elementos, lo cual es corroborado por Hernández et al (11), quienes afirman que el potasio aplicado afecta mucho más el Mg foliar que a los otros elementos, lo cual establece un antagonismo entre K/Mg significativamente más fuerte que entre K/Ca.

Los mismos autores sostienen que se deben tener en cuenta los efectos climáticos en la interpretación de los análisis foliares, debido a la variación estacional de los elementos causados por efectos del clima y las aplicaciones de fertilizantes al suelo.

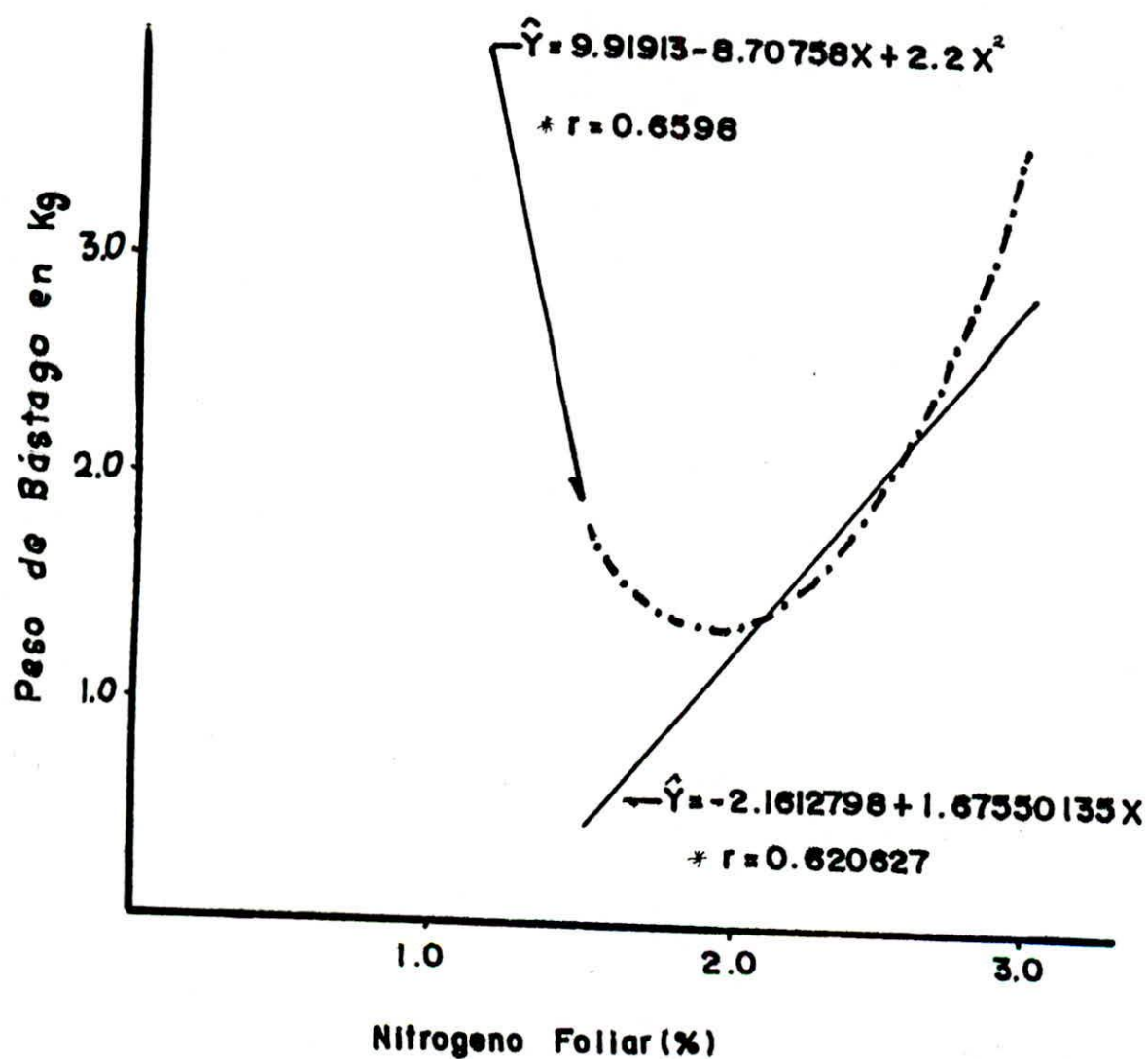


FIGURA 27. Representacion grafica de las regresiones lineal y cuadratica para las variables nitrogeno foliar Vs. peso de bástago.



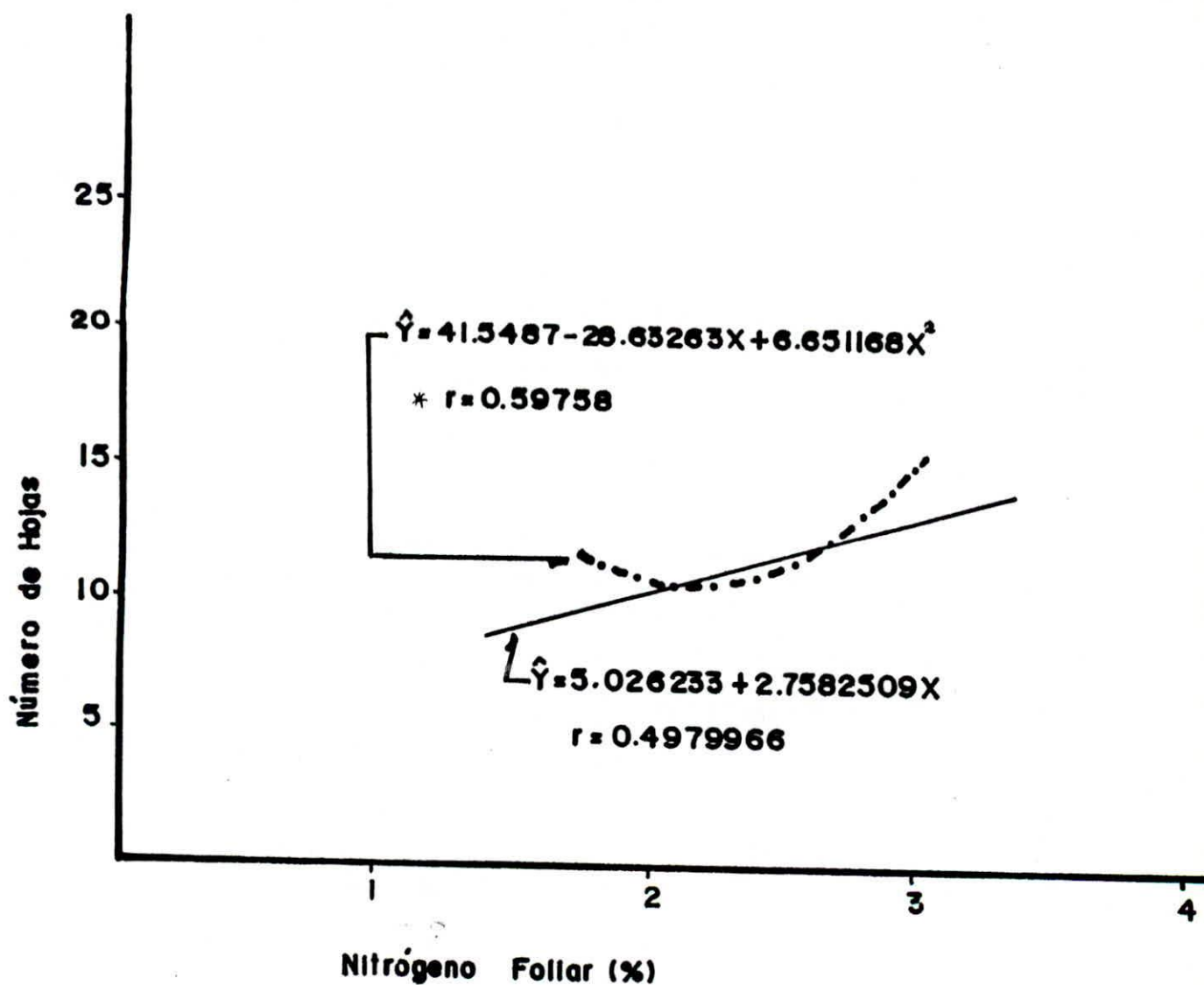


FIGURA 28. Representación grafica de las regresiones lineal y cuadratica para las variables nitrógeno foliar Vs. número de hojas.

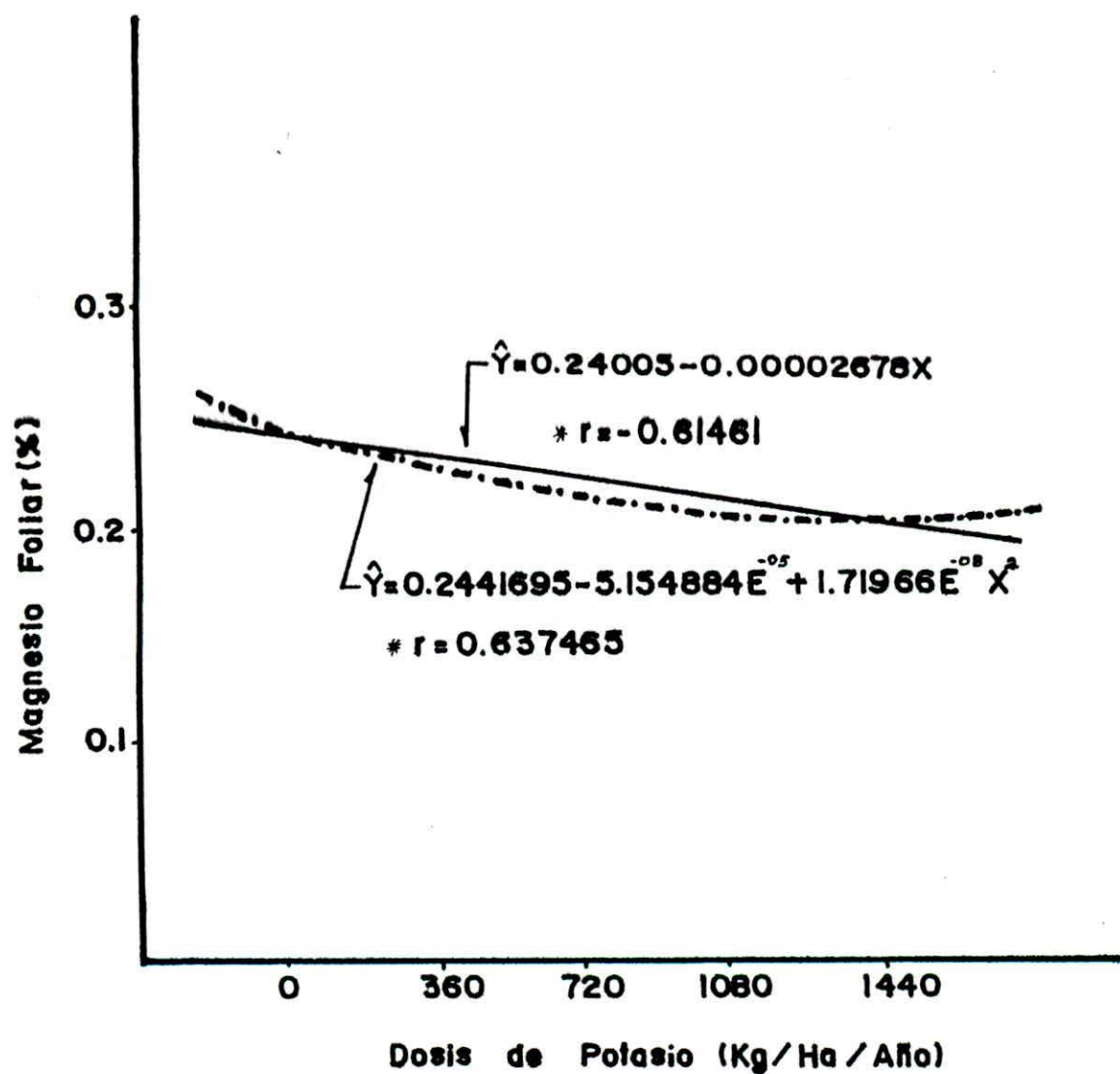


FIGURA 29. Representación grafica de las regresiones lineal y cuadrática para las variables dosis de potasio Vs. magnesio foliar.

#### 4.3. RESPUESTA GENERAL A LA FERTILIZACION

Debido al bajo contenido de elementos en el suelo, necesario para un buen desarrollo del cultivo del banano, era de esperar una respuesta positiva a la aplicación de fertilizantes químicos.

El elemento más limitante en suelo fue el potasio que presentaba 0,09 meq/100 g de suelo al iniciar el ensayo, cantidad demasiado baja si se tienen en cuenta las altas exigencias de potasio requeridas para una buena producción de banano. A lo anterior podemos atribuir la mayor respuesta del cultivo a las dosis más altas de fertilizante potásico, cuando estaban acompañadas de dosis adecuadas de nitrógeno. Además teniendo en cuenta que según Walmsley y Twyfor citados por Lahav y Tuner (20), cuando el K intercambiable es menor de 0.4 meq/100 g de suelo el banano responde a la fertilización posática, de igual manera los mismos autores sugieren aplicaciones alrededor de 2.000 kg/Ha/año en cultivos de iniciación si se esperan obtener altos rendimientos.

Se observó deficiencia de potasio en los tratamientos (1, 4, 6, 11) en los que no se hizo aplicación o se aplicaron bajas cantidades de K, presentando las plantas síntomas característicos de deficiencias tales como,

estrangulamiento de cuello de retorno (arrepollamiento), tamaño reducido de las hojas, retraso en la emisión floral, racimos pequeños con dedos pequeños y bajo peso y pobre crecimiento de los hijos, sintomatología también descrita por Lahav (20), para plantas de banano con deficiencia de K se limita el crecimiento y por lo tanto la absorción de nitrógeno.

Los síntomas de deficiencia de nitrógeno, color verde pálido de las hojas (clorosis), alargamiento del periodo vegetativo, recorte de la distancia entre hojas dando a la planta apariencia de roseta (20), se presentaron en los tratamientos 1, 2 y 3 a los que no se aplicó nitrógeno.

Las aplicaciones de potasio y nitrógeno, influyeron positivamente sobre las variables de producción, peso de racimo, número de manos, peso de bástago, número de hoja, grosor del pseudotallo, y esta influencia fue más notable en aquellos tratamientos (7, 8, 10, 13) en los que las dosis de N y K estaban más balanceadas.

Las mejores combinaciones de potasio y nitrógeno se presentaron en los tratamientos 13 y 10 donde se presentaba una relación potasio/nitrógeno cercana a 2:1.

En el Anexo 16, aparece una matriz de correlaciones donde es posible observar el comportamiento de cada variable frente a las demás.

#### 4.4. ANALISIS ECONOMICO

Al realizar el análisis de regresión múltiple para el diseño superficie de respuesta cuadrática, se determinó el óptimo físico para potasio en 1.422,45 kg K<sub>2</sub>O/Ha/año y para nitrógeno 739.26kg N/Ha/año.

El óptimo económico se determinó teniendo en cuenta el precio del sulfato de potasio en el que un kg de K<sub>2</sub>O tuvo un costo de \$613,2 pesos, mientras que el sulfato de amonio fuente de nitrógeno, el precio de un kg de N fue de \$490,47 pesos, y el valor de un kg de fruta \$170 pesos. Con los precios se determinó un óptimo económico para nitrógeno 683,19 kg/Ha/año y para potasio 1.231,24 kg K<sub>2</sub>O/Ha/año, para una producción de 50,195 ton/Ha y una rentabilidad de 3'329,814,6 \$/Ha.

El procedimiento para determinar el óptimo físico y el óptimo económico aparece en el Anexo 17, según (2).



## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante la fertilización con sulfato de amonio como fuente de nitrógeno, con un 21% de N y el sulfato de potasio como fuente de potasio, con un 50% de K<sub>2</sub>O, para el cultivo de banano (Mussa AAA), en la región de Tucurínca, Magdalena, se dieron las siguientes conclusiones:

El tratamiento 13 presentó mejor promedio de producción: en todo el ensayo, con un peso promedio de 29 kg/racimo; para este tratamiento se utilizaron las mayores dosis de fertilizante con 828 kg de N/Ha/año y 1.440 kg de K<sub>2</sub>O/Ha/año, a su vez presentó el mayor contenido de potasio foliar con 2,7% y un alto contenido de nitrógeno foliar, con 2,71%, niveles considerados adecuados según varios autores.

El tratamiento 10 arrojó una producción promedio de 28,5 kg/racimo, superada únicamente por el tratamiento 13, el contenido de nitrógeno foliar para este tratamiento fue

alto (2,72%), mientras que el potasio foliar fue bajo (2,4%); las dosis de fertilizante para este tratamiento fueron de 621 kg de N y 1.080 kg de K<sub>2</sub>O/Ha/año, dosis que concuerdan con la determinada en este ensayo como dosis óptima de nitrógeno y potasio (óptimo económico).

Se determinó como óptimo físico de acuerdo al ensayo de fertilización realizado en Tukurinca, Magdalena, y bajo sus condiciones climáticas y edáficas la dosis de 1.422,45 kg de K<sub>2</sub>O/Ha/año y 739,26 kg de N/Ha/año, para una producción de 50.638,74 kg/Ha/cosecha.

El óptimo económico fue calculado en 1.231,24 kg de K<sub>2</sub>O/Ha/año y 683,19 kg de N/Ha/año, para una producción de 50.195,16 kg/Ha/cosecha; teniéndose en cuenta los precios de los fertilizantes y el de el kilogramo de fruta.

Se pudo establecer como nivel crítico para el cultivo de banano en la región de Tukurinca, Magdalena y teniendo en cuenta las condiciones ambientales y de suelo, que esta región presenta un 2,7% de potasio foliar, si el muestreo se realiza en un periodo lluvioso; y puede ser un poco mayor si las muestras son tomadas en una época menos lluviosa. Para potasio del suelo el nivel crítico se

determinó en 0.33 meq/100 gr de suelo.

El nivel crítico para el nitrógeno foliar se estableció entre 2,71 - 2,72% de N, y para nitrógeno del suelo este nivel se estimó en 0,178% de nitrógeno total.

El Potasio influyó más en la producción y otros parámetros medidos que el nitrógeno, además a los tratamientos a los cuales no se les aplicó K y/o N su producción no reunió las condiciones para exportación.

## BIBLIOGRAFIA

1. RAYONA, Roberto L. Correlación lineal entre fertilización N.P.K. y la cantidad de cajas de bananos (Mussa AAA) en Urabá. En: AUGURA Vol.9. No 2 (1993); p 10-28.
2. CALVO, Fulgencio; MIRANDA, Lucy y LIZCANO, Silvio. Diagnosticos foliar en el cultivo de arroz en Santa Marta. Santa Marta, 1983. 87p: Tesis (Ingeniero Agrónomo), Universidad del Magdalena. Facultad de Agronomía.
3. CANCHANO NIEBLES, Eliecer. Situación actual nutricional del banano en algunas áreas del municipio de Ciénaga Zona Bananera del Magdalena. p124-138. En: UPER. II Seminario Taller Internacional sobre Fertilidad y Nutición en Banano y Plátano. s.l. Gráfica Meluz. 1993. 188p.
4. CASTILLO PINZON, Luis E. Determinación del nitrógeno total. En: INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO El análisis del suelo, plantas y agua para riego. (1989); 253p. (Manual 47).
5. CACHRAN, William G. y COX, Gertrude M. Diseños Experimentales. México: Trillas, 1965. p372-415.
6. DAGOVETT SANCHEZ, H. y GRANADOS BARROS, A. Estudio de tres sistemas de riegos en la producción de banano (Mussa AAA Simnods Vr. Valery) en la Zona Bananera del Magdalena. Santa Marta, 1981. 80p: Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad del Magdalena. Facultad de Agronomía.
7. DUPLESSIS, S.F. The effect of different NPK levels on growth and nutrient up take of "Dwarf Cavendish" bananas. Vol 42, No1. Nels Pruit Sur Africa, 198\_?. p 53-58.



8. FISHER, Ronald, A. y YATES Frank. Tablas estadísticas. Madrid: Aguilar, 1.954. 131p.
9. GARCIA SEGRERA, J.M. Fertilización con N.P.K.: análisis foliar en banano (Mussa sapientum). en algunos suelos de la Zona Bananera Santa Marta. Santa Marta, 1.977. 88p: Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad del Magdalena, Facultad de Agronomía.
10. GARCIA, C.R.. Respuesta del banano cultivar "Valery" a dosis crecientes de Potasio en suelos de la Zona del Guápiles. San José, Costa Rica, 1978 135p: Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad, Facultad de Agronomía.
11. HERNANDEZ, Marcio; LOPEZ, Carlos y SOTO, Moisés. Respuesta del banano clon "Gran Enano" a la fertilización potásica en un suelo Typic Dystropepts de Cariari. Cantón de Pococi. s.l. s.n. 198\_?
12. HERRERA, Walter. Respuesta del cultivo del banano (Mussa AAA), subgrupo cavendish, clón Gran Enano a la Fertilización con dos dosis de nitrógeno, fósforo y tres de potasio. s.l.s.n. 19\_?.
13. HEWITT, C.W. Leaf analysis as a guide to the nutrition of banano. Emp. J. Exp. Agri 1955. p 89, 11-16.
14. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Suelos y fertilización de cultivos. Compendio 38. Medellín: Instituto Colombiano Agropecuario, 1980. 510p.
15. INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Estudio semidetallado de suelo del sector plano del municipio de Cienaga para fines agrícolas. Vol.5, No1. (1969). p 92-98.
16. LAHAV, E. Phosphorus and potassium penetrability in the soil and their influence in a mature banana orchard. Trop Agric. Trin, 1973. p 50, 297-301.
17. ----- Effects and interactions of manure and Fertilizers in a banana, plantation. Israel J. Agric. Res. 1973. p 23, 45-57.
18. ----- The influence of potassium on the content



of macroelements in the banana sucker. Agrochimica p18,194-204. (1974) En: LAHAV, E y TURNER, D.W. Fertilización del banano para rendimientos altos. Boletín No7 (Mayo, 1992); 1992. 71p.

19. LAHAV, E. y TURNER, D.W. Temperature influences the composition of diagnostic Sample used to assess the Nutrient status of banana plants. Scienti Horti. 27, 275- 283 (1.985).
20. Fertilización del banano para rendimientos altos. Boletín No7 (Mayo, 1992); 1.992. 71p.
21. LITTLE, Thomas M. y HILLS, F.J. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. México: Trillas, 1976. 269p.
22. LOPEZ, C.A. y ARIAS CORDERO, H. Nivel Critico de potasio en el banano (Mussa AAA) en un oxic Dystro Pepts de Rip Jimenez, provincia de Limón, Costa Rica. s.l. s..n 19\_\_?.
23. LOPEZ, C. A. Diagnóstico del estado nutricional de plantaciones bananeras. Costa Rica ASBANA 6(19), 1983. p13-18. Citado por: ROSERO RUANO, Alvaro. Banano.
24. LOPEZ, A. Respuesta del cultivo de banano (MusaAAA), subgrupo cavendish, clón Gran Enano a la fertilización con dos dosis de nitrógeno y fósforo, y tres de potasio. s.l. s.n. 19\_\_?.
25. MARTIN PREVEL, P. La nutrition Minerate du bananier dans le monde. Premiere partie Francia Fruit, 1.980.
26. MARTIN PREVEL, P. Y CHARPENTIER, J.M. Carences attenées ou temporaires en elements majeurs. Carence on oligoments chez de Bananier. Francia. fruit, 1.965.
27. MURRAY, D.B. The effect of deficiencies of the mayor nutrients on growth and leaf analysis on the banana. Trinidad: Tropical Agric. 1.960 p37, 97-106.
28. OSBORNE, R. E. Bodles altafort, a new banana for Jamaica occ. Byll, 1.962. 105P.

29. OSBORNE, R.E. y HEWITT, C.W. The Effect of frequency application of nitrogen, phosphate and potash fertilizer in "Lacatan" banana in Jamaica. Trinidad: Tropical Agriculture, 1963. p 8-54.
30. RAMIREZ RICARDO et al. Acumulación de Nitrógeno, fósforo y potasio en el tejido foliar del banano (Dwarf Cavendish) en el Estado Aragua. Separata Maracay. s.n 1975. p1-32.
31. ROSALES y CHOPERENA. Ensayo de Fertilización con azufre y fósforo en banano Cavendish establecido. Santa Marta, 1973. 74p: Tesis (Ingeniero Agrónomo), Universidad del Magdalena. Facultad de Agronomía.
32. ROSERO RUANO, Alvaro. Banano. p 271-297. En: GUERRERO RIASCOS, Ricardo. Fertilización de cultivos en clima cálido. 2 ed. Bogotá: Gráficas Aguileras, 1991 312p.
33. STEEL ROBERT, G. y TORRIE JAMES, H. Bioestadística: principios y procedimientos. 2 ed. Bogotá: McGraw-Hill Latinoamericana, 1.980. ISBN 0-07-060926-8.
34. SOTO, M. Banano: cultivo y comercialización. 2ed. San José: Litografía e Imprenta Lil, 1.990. 648p.
35. TUNER, D.W y BARKUS, B. An empirical relationship between climate, nutrition and nutrient concentrations in banana leaves. Fruit 1.980. p35, 151-158.
36. ULRICH, A. Plant analysis as a diagnostic procedure soil. Sci. sl. 1943. p55,101-112.
37. UNITED F. COMPANY. Efecto residual del nitrógeno y potasio en banano y su concentración en la hoja. informe anual United F. Co. Dpto de Investigaciones, sección suelo, La Lima, Honduras, 1.977. 31 P.

A N E X O S

ANEXO 1. REGRESION LINEAL MULTIPLE DE LA PRODUCCION EN kg/racimo Vs. NUMERO DE MANOS ( $X_1$ ), NUMERO DE HOJAS ( $X_2$ ), GROSOR DE PSEUDOTALLO ( $X_3$ ), CALIBRE DE LOS DEDOS ( $X_4$ ); Y SU RESPECTIVO ANALISIS DE VARIANZA.

$$Y = 25,1 + 5,72X_1 + 2,17X_2 - 0,5X_3 - 1,2X_4$$

$$R = 0,902^{**}$$

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>CAL.</sub>
DEBIDO A LA REGRESION	4	324	81	8,71**
ERROR	8	74,4	9,3	
TOTAL	12	398,4	33,2	

\*\* Altamente significativo.

## ANEXO 2. ANALISIS DE VARIANZA PRELIMINAR PARA EL PESO DE RACIMO EN kg.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>CAL.</sub>	F TABULADA	
					0,05	0,01
TRATAMIENTO	12	1593,81	132,82	38,84**	2,03	2,72
REPETICION	3	23,50	7,83	2,29	2,85	4,34
ERROR	36	123,10	3,42			
TOTAL	51	1740,41				

\*\* Altamente significativo.



## ANEXO 3. ANALISIS DE VARIANZA PARA NUMERO DE MANOS POR RACIMO.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>CAL.</sub>	F TABULADA	
					0,05	0,01
TRATAMIENTO	12	64,93	5,41	8,07*	2,03	2,72
REPETICION	3	2,92	0,97	1,44	2,05	4,34
ERROR	36	24,44	0,67			
TOTAL	51	92,30				

\* Significativo.

## ANEXO 4. ANALISIS DE VARIANZA PRELIMINAR PARA PESO DEL BASTAGO EN kg.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>CAL.</sub>	F TABULADA	
					0,05	0,01
TRATAMIENTO	12	27,14	2,26	11,89**	2,03	2,72
REPETICION	3	0,90	0,30	1,58	2,85	4,34
ERROR	36	6,97	0,19			
TOTAL	51	35,01				

\*\* Altamente significativo.

## ANEXO 5. ANALISIS DE VARIANZA PRELIMINAR PARA EL CALIBRE DE LOS DEDOS.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>CAL.</sub>	F TABULADA	
					0,05	0,01
TRATAMIENTO	12	25,81	2,15	1,99	2,03	2,72
REPETICION	3	3,69	1,23	1,14	2,95	4,34
ERROR	36	38,81	1,08			
TOTAL	51	68,31				

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>CAL.</sub>	F TABULADA	
					0,05	0,01
TRATAMIENTO	12	114,00	9,5	9,89**	2,03	2,72
REPETICION	3	11,07	3,67	3,02*	2,05	4,34
ERROR	36	34,74	0,96			
TOTAL	51	159,75				

\*\* Altamente significativo.

\* Significativo.

## ANEXO 7. ANALISIS DE VARIANZA PRELIMINAR PARA EL GROSOR DEL PSEUDOTALLO.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>CAL.</sub>	F TABULADA	
					0,05	0,01
TRATAMIENTO	12	2704,76	225,39	28,46**	2,03	2,72
REPETICION	3	8,62	2,87	0,36	2,85	4,34
ERROR	36	285,34	7,92			
TOTAL	51	2998,72				

\*\* Altamente significativo.



ANEXO 8. PESO DE RACIMO EN ton/Ha DEL ENSAYO DE FERTILIZACION CON NITROGENO Y POTASIO EN EL CULTIVO DE BANANO.

TRATAMIENTOS	DOSIS FERTILIZANTE kg/ha/año			B L O Q U E S				TOTAL	$\bar{X}$
	N	P	K	I	II	III	IV		
1	0	0	0	12,12	12,86	12,49	11,37	48,84	12,21
2	0	45	720	31,23	32,53	34,00	32,36	130,12	32,53
3	0	45	1440	25,86	27,89	33,24	37,33	124,32	31,08
4	207	45	360	38,12	41,81	30,18	36,09	146,20	36,55
5	207	45	1080	47,39	32,00	35,58	37,87	152,92	38,23
6	414	45	0	30,22	28,19	26,17	31,70	116,28	29,07
7	414	45	720	38,26	43,60	42,86	45,44	170,16	42,54
8	414	45	1440	40,65	43,06	43,62	46,75	174,08	43,52
9	621	45	360	34,88	38,56	37,00	39,68	150,20	37,55
10	621	45	1080	49,97	48,31	55,87	56,05	210,20	52,55
11	828	45	0	31,23	30,85	30,86	33,06	126,00	31,50
12	828	45	720	35,40	39,66	38,54	41,68	155,28	38,82
13	828	45	1440	53,12	47,58	56,42	56,80	213,92	53,48
TOTAL				468,45	466,78	476,91	506,18	1918,52	36,89

## ANEXO 9. ANALISIS DE VARIANZA PRELIMINAR PARA LA PRODUCCION EN ton/Ha.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>calc.</sub>	F TABULADA	
					0,05	0,01
TRATAMIENTO	12	5417,95	451,50	39,36**	2,03	2,72
REPETICION	3	76,72	25,57	2,23	2,05	4,34
ERROR	36	413,01	11,47			
TOTAL	51	5907,68				

\*\* Altamente significativo.

ANEXO 10. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ANALISIS DE VARIANZA PRELIMINAR PARA  
LA PRODUCCION EN ton/Ha.

120

$$S.C.TOTAL = \sum X^2 - FC$$

$$FC = \frac{(\sum X)^2}{n} = \frac{(1918,52)^2}{52} \longrightarrow \boxed{FC = 70.783,06}$$

$$S.C.TOTAL = (12,12)^2 + (12,86)^2 + \dots + (56,80)^2 - FC \longrightarrow \boxed{S.C.TOTAL = 5.907,68}$$

$$S.C.TRAT. = \frac{\sum T_1 + \sum T_2 + \dots + \sum T_{13} - FC}{4}$$

$$S.C.TRAT. = \frac{(48,84) + (130,12) + \dots + (213,92) - 70.783,06}{4} \longrightarrow \boxed{S.C.TRAT. = 5.417,95}$$

$$S.C.BLOQ. = \frac{\sum B_2^2 + \sum B_2^2 + \dots + \sum B_4^2 - FC}{13}$$

$$S.C.BLOQ. = \frac{(468,45) + (466,98) + \dots + (506,18) - 70.783,06}{13} \longrightarrow \boxed{S.C.BLOQ. = 76,72}$$

$$S.C.ERROR = S.C.TOTAL - (S.C.TRAT. + S.C.BLOQ.)$$

$$S.C.ERROR = 5.907,68 - (5.417,95 + 76,72) \longrightarrow \boxed{S.C.ERROR = 413,01}$$

ANEXO11. ANALISIS DE VARIANZA FINAL DEL ENSAYO DE FERTILIZACION CON  
NITROGENO Y POTASIO EN EL CULTIVO DE BANANO.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>TAB.</sub>	F <sub>0,05</sub>	F <sub>0,01</sub>
TRATAMIENTO	12	5417,95	451,50	39,36**	2,03	2,72
REPETICION	3	76,72	25,57	2,23	2,05	4,34
REGRESION	5	1265,36	253,07	22,06**	2,40	3,50
FALTA DE AJUSTE	7	4152,59	593,22			
ERROR	36	413,01	11,47			
TOTAL	51	5907,60				

\*\* Altamente significativo.

## ANEXO 12. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ANALISIS DE VARIANZA FINAL.

$$S.C. REGRESION = B \cdot X'Y - FC$$

$$FC = \frac{(\sum Y)^2}{n} = \frac{(479,63)^2}{13} \rightarrow FC = 17.695,76$$

$$B \cdot X'Y = (43,004545 \times 479,63) + (3,974285 \times 111,28) + (4,545714 \times 127,28) + (-1,473149 \times 963,36) + (-1,3318149 \times 968,32) + (0,378823 \times 25,76)$$

$$B \cdot X'Y = 18.961,30$$

$$S.C. REGRESION = 18.961,30 - 17.659,76$$

$$S.C. REGRESION = 1.265,36$$

$$S.C.F.AJ = S.C. TRATAMIENTOS - S.C. REGRESION$$

$$S.C.F.AJ = 5.417,95 - 1.265,36$$

$$S.C.F.AJ = 4.152,59$$



## ANEXO 13. DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE CORRELACION MULTIPLE.

$$R = \sqrt{\frac{S.C. \text{ REGRESION}}{C.C. \text{ TOTAL}}}$$

$$S.C. \text{ TOTAL} = Y'Y - FC$$

$$S.C. \text{ TOTAL} = 19.050 - 17.695,76$$

$$S.C. \text{ TOTAL} = 1.354,49$$

$$\text{DONDE } FC = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}$$

$$R = \sqrt{\frac{1.265,36}{1.354,24}}$$

$$R = 0,9666^{**}$$

$$R^2 = 0,93431$$

ANEXO 14. ANALISIS DE VARIANZA COMPLETO DEL ENSAYO DE FERTILIZACION CON  
NITROGENO Y POTASIO EN EL CULTIVO DE BANANO.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>CAL.</sub>	F <sub>0,05</sub>	F <sub>0,01</sub>
REPETICION	3	76,72	25,57	2,23	2,85	4,34
TRATAMIENTO	12	5417,95	451,50	39,36**	2,03	2,72
F. LINEAL	1	3023,609	3023,609	263,61**		
F. CUADRATICA	1	299,76	299,76	26,13**		
F. CUBICA	1	517,03	517,03	45,07		
F. CUARTICA	1	0,055	0,055	0,0048		
ERROR	36	413,01	11,47			
TOTAL	51	5907,68				

\*\* Altamente significativo.

ANEXO 15. COMPARACION ORTOGONAL DEL RENDIMIENTO EN ton/ha PARA CADA TRATAMIENTO,  
(parte A).

TRATA MIEN TOS	PRODUCCION ton/ha	C O N T R A S T E S						
		$T_1-T_3$	$T_1-T_7$	$T_1-T_8$	$T_1-T_{10}$	$T_1-T_{13}$	$T_{10}-T_7$	$T_{10}-T_8$
1	12,21	- 1	- 1	- 1	- 1	- 1	0	0
2	32,53	0	0	0	0	0	0	0
3	31,00	+ 1	0	0	0	0	0	0
4	36,55	0	0	0	0	0	0	0
5	38,23	0	0	0	0	0	0	0
6	29,07	0	0	0	0	0	0	0
7	42,57	0	+ 1	0	0	0	+ 1	0
8	43,52	0	0	+ 1	0	0	0	+ 1
9	37,55	0	0	0	0	0	0	0
10	52,55	0	0	0	+ 1	0	- 1	-1
11	31,50	0	0	0	0	0	0	0
12	38,82	0	0	0	0	0	0	0
13	53,48	0	0	0	0	+ 1	0	0
Q		18,87	30,33	31,31	40,34	41,27	- 10,01	- 9,03
$r_{\Sigma C_i^2}$		8	8	8	8	8	8	8
$Q^2$ $SC = \frac{r_{\Sigma C_i^2}}{r_{\Sigma C_i^2}}$		** 44,5096	** 114,988	** 122,539	** 203,414	** 212,901	N.S. 12,5250	N.S. 10,1926

ANEXO 15. COMPARACION ORTOGONAL DEL RENDIMIENTO EN ton/Ha PARA CADA TRATAMIENTO,  
(parte B).

TRATA MIEN TOS	PRODUCCION ton/ha	C O N T R A S T E S						
		$T_{10}-T_{13}$	$T_{12}-T_7$	$T_{12}-T_8$	$T_{12}-T_{10}$	$T_{12}-T_{13}$	$T_{10}-RES_{TO}$	$T_{13}-RES_{TO}$
1	12,21	0	0	0	0	0	- 1	- 1
2	32,53	0	0	0	0	0	- 1	- 1
3	31,08	0	0	0	0	0	- 1	- 1
4	36,55	0	0	0	0	0	- 1	- 1
5	38,23	0	0	0	0	0	- 1	- 1
6	29,07	0	0	0	0	0	- 1	- 1
7	42,57	0	0	0	0	0	- 1	- 1
8	43,52	0	+ 1	0	0	0	- 1	- 1
9	37,55	0	0	+1	0	0	- 1	- 1
10	52,55	- 1	0	0	+ 1	0	+ 12	- 1
11	31,50	0	0	0	0	0	-1	- 1
12	38,82	0	- 1	- 1	- 1	- 1	- 1	- 1
13	53,40	+ 1	0	0	0	+ 1	- 1	+ 12
Q		0,93	3,72	4,70	13,73	14,66	203,52	215,61
$r_{\Sigma}C_i^2$		8	8	8	8	8	624	624
SC= $\frac{Q^2}{r_{\Sigma}C_i^2}$		N.S. 0,10811	N.S. 1,7298	N.S. 2,76152	N.S. 23,564	* 26,8644	** 66,3788	** 74,4994

	X 1	X 2	X 3	X 4	X 5	X 6	X 7	X 8	X 9	X 10	X 11	X 12	X 13	X 14	X 15
X1	-														
X2	-	-													
X3	0.57*	0.65*	-												
X4	0.75**	0.58*	0.84**	-											
X5	0.55**	0.62*	0.77**	0.89**	-										
X6	0.84**	0.49	0.87**	0.93**	0.76**	-									
X7	0.53	0.31	0.65*	0.64*	0.61*	0.75*	-								
X8	0.73*	0.59*	0.83**	0.91**	0.76**	0.92**	0.61*	-							
X9	0.34	0.73**	0.71**	0.80**	0.82**	0.65*	0.39	0.67*	-						
X10	0.85**	0.33	0.37*	0.71**	0.59*	0.80**	0.52	0.62*	0.15	-					
X11	0.06	0.87**	0.57*	0.55*	0.63*	0.43	0.41	0.53	0.68*	0.02	-				
X12	0.89**	0.15	0.64*	0.79**	0.70**	0.83**	0.48	0.80**	0.42	0.70**	0.18	-			
X13	-0.25	-0.61*	-0.59*	-0.49	-0.50	-0.59*	-0.77**	-0.54	-0.40	-0.13	-0.65*	-0.27	-		
X14	0.35	0.31	0.24	0.40	0.42	0.42	0.25	0.16	0.35	0.30	0.25	0.21	0.29	-	
X15	0.21	0.25	0.18	0.24	0.11	0.01	0.11	0.47	0.31	0.26	0.30	0.18	0.28	0.31	-

X1= Dosis Nitrógeno    X2 = Dosis Potasio    X3 = Producción    X4 = Grosor Tallo    X5 = No.de Hojas  
 X6= No.de Manos    X7= Vitola    X8 = Peso Vástago    X9=Potasio foliar    X10= N. foliar  
 X11= K del suelo    X12= N.suelo    X13= Mg. foliar    X14= Ca foliar    X15= P foliar

\* Significativo al 0.5%  
 \*\* Significativo al 0.01%



ANEXO 17. DETERMINACION DEL OPTIMO FISICO, OPTIMO ECONOMICO E INGRESO NETO DEL ENSAYO DE FERTILIZACION REALIZADO EN TUCURINCA, MAGDALENA.

De la ecuacion de regresion multiple obtenida en la Tabla 10, con sus coeficientes llevados a kilogramos, se determina el optimo fisico asi:

$$Y = 16.341,64 + 43,9852X_1 + 25,1685X_2 - 0,03438X_1^2 - 0,01017X_2^2 + 0,005084X_1X_2$$

$$\frac{dy}{dx_1} = 43,9851 - 0,06876X_1 + 0,005084X_2 \quad (\text{ec.1})$$

$$\frac{dy}{dx_2} = 25,1685 - 0,02034X_2 + 0,005084X_1 \quad (\text{ec.2})$$

$$\text{De ec.1 } X_1 = 693,96 + 0,07X_2$$

$$\text{De ec.2 } X_2 = -4.950,53 + 4X_1$$

$$\text{Igualando } X_1 \text{ queda: } 639,69 + 0,07X_2 = -4.950,53 + 4X_2$$

$$X_2 = 1.422,45 \text{ kg de } K_2O/\text{Ha/año}$$

$$X_1 = 739,26 \text{ kg de N/Ha/año}$$

$$Y = 50.638,74 \text{ kg/Ha de banana}$$

— OPTIMO ECONOMICO —

$$\frac{dy}{dx_1} = \frac{P_p}{P_y} = 43,9852 - 0,06876X_1 + 0,005084X_2 = 2,9851 \quad (\text{ec.3})$$

$$\frac{dy}{dx_2} = \frac{P_p}{P_y} = 25,1685 - 0,02034X_2 + 0,005084X_1 = 3,607 \quad (\text{ec.4})$$

$$\text{De ec.3 } X_1 = 597,73 + 0,07X_2$$

$$\text{De ec.4 } X_1 = -4.241,05 + 4X_2$$

$$\text{Igualando } X_1 \text{ queda: } 597,73 + 0,07X_2 = -4.241,05 + 4X_2$$

$$X_2 = 1.2312,24 \text{ kg de } K_2O/\text{Ha/año}$$

$$X_1 = 683,91 \text{ kg de N/Ha/año}$$

$$Y = 50.195,16 \text{ kg/Ha de banana}$$

— MAXIMO BENEFICIO O INGRESO NETO —

$$IN = Y.PY - X_1.PX_1 - X_2.PX_2 - CF$$

$$IN = (50.195,16)(170) - (683,91)(490,47) - (1.231,24)(613,2) - 4'135.000$$

$$IN = 8'533.177 - 313.366,18 - 754.996,36 - 4'135.000$$

$$IN = 3'229.814,6 \text{ \$/Ha}$$